

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Návrh přemístění zařízení GP/DME 22 na letišti Ostrava-
Mošnov

Proposal to Relocate GP/DME 22 at Ostrava Airport

Student:

Bc. David Polášek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Plánička

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Polášek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 40 Letecká doprava
Téma: **Návrh přemístění zařízení GP/DME 22 na letišti Ostrava-Mošnov**
Proposal to Relocate GP/DME 22 at Ostrava Airport
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Navrhnout přemístění zařízení GP/DME 22 s nastavením jednotlivých parametrů a provedení ověření pro řádné uvedení do provozu bez omezení.

Osnova:

1. Úvod - definování problému.
2. Popis zařízení GP/DME 22.
3. Proces přesunu zařízení.
4. Technická, technologická, bezpečnostní a legislativní opatření související s novým umístěním zařízení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

Letecké předpisy ČR

Interní dokumenty Řízení letového provozu, s. p.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

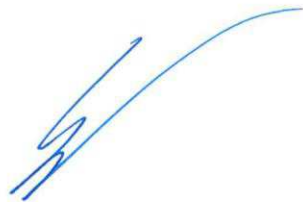
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Plánička**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 11.5. 2018

..... 

podpis studenta

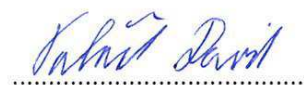
Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Pavlu Pláničkovi, který mi věnoval spoustu svého času při vypracování této práce a trpělivě mi zodpovídal mé dotazy. Děkuji mu za jeho pomoc, spolupráci a snahu předat mi jeho letité zkušenosti z praxe. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Janu Uličnému a panu Lubomíru Chmelovi za jejich odborné rady a zkušenosti, které mi při vypracování této práce předali.

Prohlašuji, že

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato diplomovou práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2018



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. David Polášek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Anenská 337,
Šenov u Nového Jičína
742 42

Anotace diplomové práce

POLÁŠEK, D. *Návrh přemístění zařízení GP/DME 22 na letišti Ostrava-Mošnov: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2018, 60 s., Vedoucí práce: Plánička, P.

Tato diplomová práce se zabývá přemístěním radionavigačních zařízení GP a DME. V úvodu specifikuji problémy, kvůli kterým navrhuji přemístění těchto zařízení. Další část se týká teoretického popisu navigačních zařízení a principu GP a DME. Poté zde uvádím typy přenosových médií, které jsou nezbytné pro dálkovou monitoraci zařízení. Praktická část se týká procesu přemístění, který se skládá z bezpečnostních a informačních opatření před začátkem přesunu. Dále z přesunu zařízení a jeho instalace, z konfigurace zařízení a nastavení parametrů. Dále se věnuji letovému ověření a změnám v AIP v důsledku přemístění. Na závěr interpretuji své získané výsledky.

Annotation of diploma thesis

POLÁŠEK, D. *Proposal to Relocate GP/DME 22 at Ostrava Airport: Diploma Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2018, 60 p., Thesis head: Plánička, P.

This diploma thesis deals with a proposal to relocate the radio navigation equipment GP and DME. In the beginning I specify the problems due to which I suggest relocating these types of equipment. The next part concerns technical descriptions of navigation equipment and the principle of GP and DME. After that I introduce the type of transfer medium which is necessary for remote monitoring. The practical part concerns the process of relocation that consists of safety and information arrangements relocation begins. Another part concerns relocating equipment, installation, configuration and setting parameters. Later I concentrate on flight verification and changes in AIP due to the relocation. At the end I interpret the results I have obtained.

Použité zkratky

μs	mikro sekunda
AC/DC	alternating current/direct current Střídavé napětí/stejnoseměrné napětí
AD	Aerodrome Letiště
AIP	Aeronautical Information Publication Letecká informační příručka
BITE	Built-In Test Equipment
CAT	Category Kategorie
CLR Width RF level	Clearance Width Radio Frequency level
CLR Width DDM	Clearance Width Difference in Depth of Modulation
cm	centimetr
CRS Pos. DDM	Course Position Difference in Depth of Modulation
CRS Pos. RF Level	Course Position Radio Frequency level
CRS Pos. SDM	Course Position Sum of Depths of Modulation
CRS Width DDM	Course Width Difference in Depth of Modulation
CRS Width RF level	Course Width Radio Frequency level
CRS Width SDM	Course Width Sum of Depths of Modulation
CSB	Carrier signal with SideBands Nosný signál s postranním pásmem
dB	decibel

DDM	Difference in Depth of Modulation Rozdíl hloubek modulací
DME	Distance Measuring Equipment Měřič vzdálenosti
ECU	Executive Control Unit
ENR	EN-Route Trať
ft	feet stopa
GP (GS)	Glide Path (Glide Slope) Sestupový maják ILS
Hz	Hertz
CH	Channel Kanál
ICAO	International Civil Aviation Organization Mezinárodní organizace pro civilní letectví
ILS	Instrument Landing System Systém pro přesné přiblížení a přistání
km	kilometr
Letiště Ostrava	LO
LKMT	ICAO označení letiště Ostrava-Mošnov
LOC	Localizer Kurzový maják ILS
LPZ	Letecké pozemní zařízení

m	metr
MHz	Megahertz
MLS	Microwave Landing System Mikrovlnný přistávací systém
NDB	Non Directional Beacon Nesměrový radiomaják
Nearfield Pos. DDM	Nearfield Position Difference in Depth of Modulation
Nearfield Pos. RF level	Nearfield Position Radio Frequency level
Nearfield Pos. SDM	Nearfield Position Sum of Depths of Modulation
NM	Nautical Mile Námořní míle
NOTAM	NOTice To AirMen
PPPS	Pulse Pair Per Second Puls pár za sekundu (Opakovací kmitočet dvojice pulsů)
PZTS	Poplachový zabezpečovací a tísňový systém
RCMS	Remote Control and Monitoring System Nativní zařízení pro monitorování a ovládání
RCSU	Remote Control Status Unit
RWY	Runway Vzletová a přistávací dráha (VPD)
s	sekunda
SBO	SideBand Only Pouze postranní pásmo

SDM	Sum of Depths of Modulation Součet hloubek modulací
SID	Standard Instrument Departure Standardní přístrojový odlet
SSB	Single SideBand Jedno postranní pásmo
STAR	STandard ARrival Standardní přístrojový přilet
TX	Transmitter Vysílač
TWY	Taxiway Pojezdová dráha
U/S	UnServiceable Nefunkční/neprovozuschopný
UKV	Ultra krátké vlny
UPS	Uninterruptible Power Supply Zdroj nepřerušovaného napájení
V	Volt
VFR	Visual Flight Rules Pravidla pro let za vidu
VKV	Velmi krátké vlny
VOR	VHF Omnidirectional Radio range VKV všesměrový radiomaják
W	watt

Obsah

Úvod	13
Cíl práce	13
1. Specifikace problému	14
2. Navigační systémy	16
2.1 Princip radionavigačních systémů.....	16
2.2 Radionavigační systémy.....	19
3. ILS	21
3.1 Kategorie ILS	21
4. Glide Path (GP).....	23
4.1 Princip zařízení.....	23
4.2 Anténní systém.....	25
4.3 Ochranné pásmo a kritický prostor	27
4.4 Indikace na palubě.....	29
5. DME.....	31
5.1 Princip zařízení.....	31
5.2 Kolokace	33
5.3 Ochranné pásmo	33
5.4 Indikace na palubě.....	34
6. Přenosová média	35
6.1 Metalické vedení	35
6.2 Optické vedení.....	35
7. Proces přemístění.....	37
8. Bezpečnostní a informační opatření před začátkem přesunu.....	39
9. Přesun zařízení a jeho instalace	40
9.1 Umístění	41
9.2 Instalace.....	42
10. Datové propojení lokality s technickým sálem.....	44

11.	Nastavení zařízení.....	46
11.1	Glide Path	46
11.2	DME	52
12.	Letové ověření a změny v AIP	54
	Závěr	56
	Použitá literatura	58
	Použité obrázky.....	60

Úvod

V mé diplomové práci se zabývám problematikou aktuálního umístění radionavigačních zařízení – sestupového majáku GP (dále GP) a měřiče vzdálenosti DME, které jsou součástí přesného přibližovacího systému ILS. V důsledku umístění GP mezi TWY F a RWY musí být na letišti Ostrava-Mošnov uzpůsobeno vyčkávací místo na pojezdové dráze.

V úvodu své práce detailně specifikuji daný problém současného umístění těchto dvou zařízení. Poté se věnuji teoretickému popisu navigačních zařízení, a to hlavně radionavigaci. Dále vysvětluji princip fungování GP a DME. Poslední část z teorie se týká přenosových médií, díky kterým je možné propojit zařízení s dohledovým pracovištěm, čímž je zajištěna monitorace a dálkové ovládání. V praktické části se věnuji procesu přemístění, který se skládá z jednotlivých kroků, které na sebe navazují. Prvním krokem je zajištění bezpečnostních a informačních opatření před zahájením procesu. V další části se věnuji samotnému přesunu zařízení, kde stanovuji nové umístění a popisuji instalaci jednotlivých částí pro provoz GP a DME spolu s možnými návrhy datového propojení lokality s dohledovým střediskem. Další krok se týká nastavení parametrů, které jsou stanoveny předpisem L10/I. Poslední krok se věnuje letovému ověření a nutnosti provést změny v AIP. V závěru své práce shrnuji získané poznatky a prezentuji své výsledky pro nové umístění zařízení GP a DME.

Cíl práce

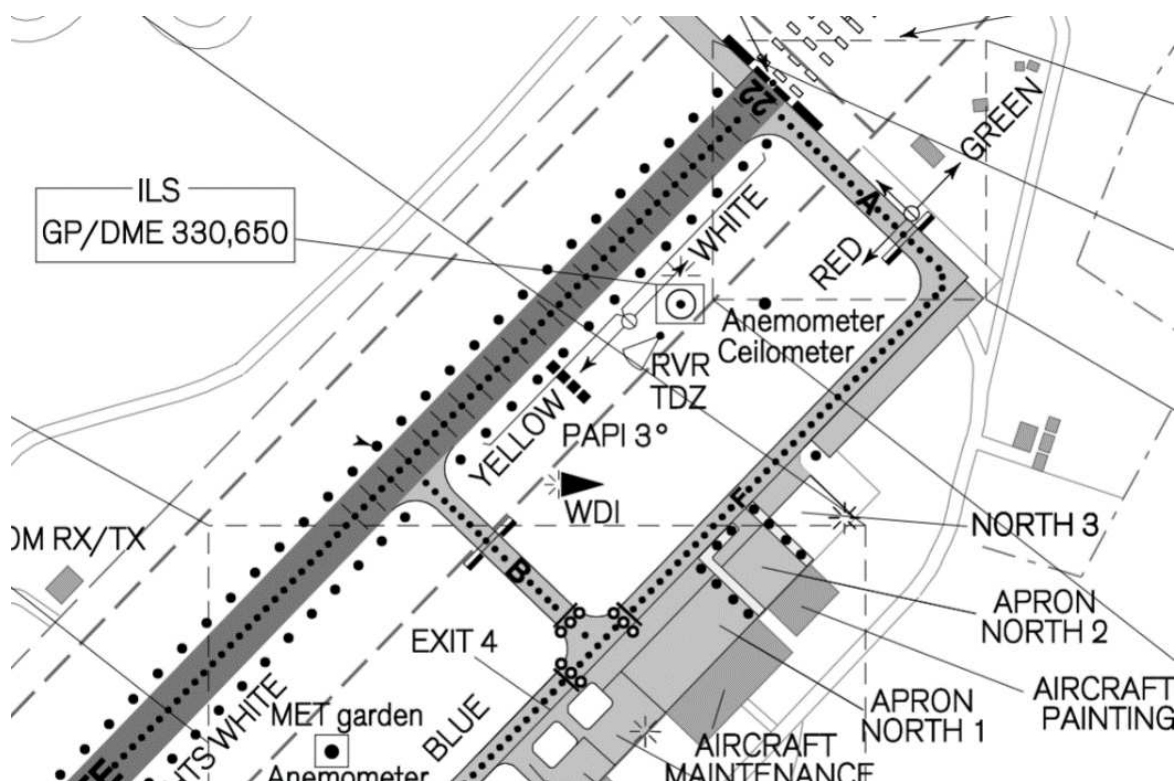
Cílem práce je navrhnout přemístění zařízení GP/DME 22 s nastavením jednotlivých parametrů a provedení ověření pro řádné uvedení do provozu bez omezení.

1. Specifikace problému

Radionavigační zařízení GP 22 a DME OSV se nacházejí na letišti Ostrava-Mošnov v prostoru oka 4, což je travnatá plocha vlevo od dotykové zóny dráhy 22.

Hlavním důvodem pro přemístění je skutečnost, že na pojezdové dráze TWY A zasahuje vyčkávací místo, vztažené k RWY, do ochranného pásma GP. Předpis L14 (2018, s. 3 - 14) uvádí: „Vzdálenost mezi vyčkávací plochou, vyčkávacím místem RWY zřízeným před křižovatkou pojezdové dráhy s RWY nebo vyčkávacím místem na komunikaci a osou RWY musí být v souladu s Tab. 3-2 a v případě RWY pro přesné přiblížení taková, že stojící letadlo nebo mobilní prostředek nebude rušit činnost radionavigačních prostředků.“ Proto jsou zřízena dvě vyčkávací místa, jedno pro CAT I, a jedno pro CAT II/III, které je posunuto přibližně 100 m dál od standardního umístění směrem k pojezdové dráze TWY F. Pokud je přilétající letadlo na dráhu 22 ve fázi přiblížení na 4 NM nebo blíže, a využívá přiblížení pomocí systému ILS, řídicí letového provozu musí pojížděcímu letadlu na TWY A vydat povolení pojíždět maximálně na úroveň vyčkávacího místa CAT II/III. Pokud by pojíždějící letadlo zastavilo na vyčkávacím místě CAT I, zasahovalo by do ochranného pásma GP, čímž by mohlo negativně ovlivnit vyzařovací charakteristiku sestupového majáku. Signály, které by přistávající letadlo přijímalo, by mohly být deformované a pilotovi na palubě letadla by indikovaly nekorektní informace týkající se jeho vertikální polohy vůči ideální sestupové rovině. Z tohoto důvodu byla letišti Ostrava-Mošnov udělena výjimka od Úřadu pro civilní letectví a vyčkávací místo CAT II/III se tak nestandardně nachází dál od dráhy, oproti ostatním vyčkávacím místům CATII/III na letišti Ostrava-Mošnov. Z důvodu tohoto nestandardního umístění může dojít k nedorozumění při komunikaci mezi řídicím letového provozu a pilotem pojíždějícím po pojezdové dráze TWY A. Pilot by mohl dostat informaci o možnosti pojíždět pouze po vyčkávací místo CAT II/III, pojezdové dráhy TWY A, ale nemusel by si uvědomit skutečnost, že to bylo posunuto dál od dráhy a dané místo by přehlédl a pokračoval by až na vyčkávací místo CAT I. V tomto okamžiku by musel řídicí letového provozu vydat přistávajícímu letadlu, které provádí přiblížení pomocí systému ILS, povel k provedení nezdařeného přistání. Dalším problémem je vzdálenost vyčkávacího místa CAT II/III od dráhy. Doba pojíždění letadla od tohoto místa na práh dráhy 22 je mnohem delší než při standardní konfiguraci. To může značně ovlivnit plynulost letového provozu na letišti. V případě přemístění zařízení GP a DME by do ochranného pásma

nezasahovaly žádné překážky a vyčkávací místo CAT II/III na pojezdové dráze TWY A by mohlo být umístěno zpět na standardní místo. [4]



Obrázek 1 – Vyčkávací místo CAT II/III na pojezdové dráze TWY A

(zdroj: http://lis.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/a2-mt-adc.pdf)

Dalším důvodem je obtížnější přístup pro obsluhující personál radionavigačních zařízení a pro údržbu provádějící kosení trávy a v zimním období odklizení sněhu. Při úmyslu vjet do oka 4 musí osoba zažádat řídicí letového provozu o povolení vstoupit na provozní plochu, aby se mohla dopravit k lokalitě GP/DME 22. Stejně tak při opuštění oka musí osoba zažádat o povolení vstoupit na provozní plochu a přes pojezdovou dráhu TWY F opustit provozní plochu na obslužnou komunikaci nebo na odbavovací plochu. Přemístěním by se takhle komplikace odstranila, jelikož by bylo zařízení dostupné z obslužné komunikace na perimetru. [4]

2. Navigační systémy

Navigační systémy jsou nedílnou součástí pro poskytování letových provozních služeb. Umožňují pilotům přivedení letadla na trať, let po trati a přiblížení na přistání až do samotného přistání.

Navigace podle přístrojů se dělí na tyto typy:

- Navigace srovnávací
- Navigace výpočtem
- Radionavigace
- Inerční navigace
- Satelitní navigace

Srovnávací navigace i navigace výpočtem se v dnešní době, vzhledem k technickým možnostem používá už jen velmi zřídka. Dnes je nejvíce rozšířena radionavigace. Začíná být však nahrazována modernějšími systémy jako je inerční a satelitní navigace. Inerční systémy jsou nezávislé systémy přímo na palubě letadel, které nepotřebují spolupráci s jinými zařízeními nacházejícími se mimo letadlo. Satelitní navigace využívá družice na oběžné dráze, se kterými palubní zařízení komunikuje a zjišťuje polohu letounu. [1]

V této práci se ale, vzhledem k sestupovému majáku a DME, zabývám pouze radionavigačními prostředky, které jsou nejvíce zastoupené v oblasti navigace a hrají v ní zásadní roli.

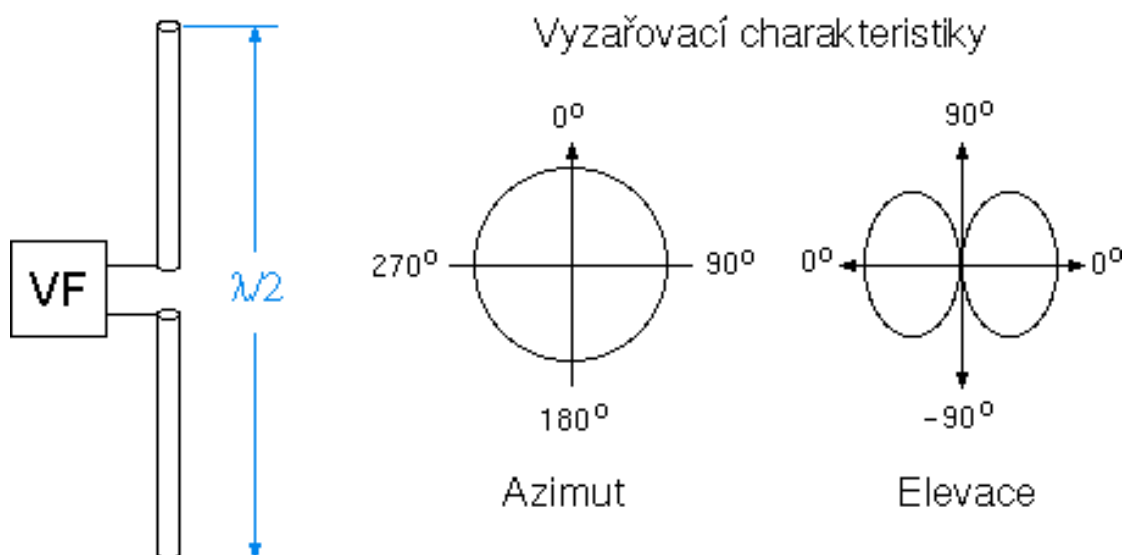
2.1 Princip radionavigačních systémů

Radionavigační systémy využívají princip elektromagnetických vln vysílaných a přijímaných na určitých kmitočtech. Tyto frekvence tvoří nosnou vlnu daného signálu. Informace, která má být přenášena radionavigačním zařízením se superponuje na nosnou vlnu určitým druhem modulace. Signál je pak přijímán přijímací anténou, která je schopná tuto informaci demodulovat [2]. Obecně lze stanovit, že na základě změřeného času od vyslání signálu po příjem signálu je možné určit vzdálenost letadla od navigačního zařízení. A na základě natočení přijímací antény nebo rozpoznání směru příjetí signálu je možné určit horizontální polohu letadla vzhledem k navigačnímu zařízení. [3]

Anténa

Pro vysílání a příjem vysokofrekvenčního signálu je zapotřebí anténa. Pomocí oscilátoru se generuje signál, který vybudí vysílač a signál je přenášen do antény, která vytvoří ve svém okolí elektromagnetické vlnění o určitém kmitočtu. Tyto vlny jsou dále přijímány přijímací anténou a následně zpracovány a vyhodnocovány přijímacími obvody.

V letectví se využívají antény se všesměrovou vyzařovací charakteristikou v horizontální rovině. Takovou anténou je dipól. Důležitou vlastností je také impedance dané antény, neboť pro kvalitní vysílání a příjem signálů je nezbytné, aby byla anténa a celá trasa, která je tvořena koaxiálním kabelem, vzájemně impedančně přizpůsobena. Impedance otevřeného dipólu (obrázek 2) je 75Ω . [2]



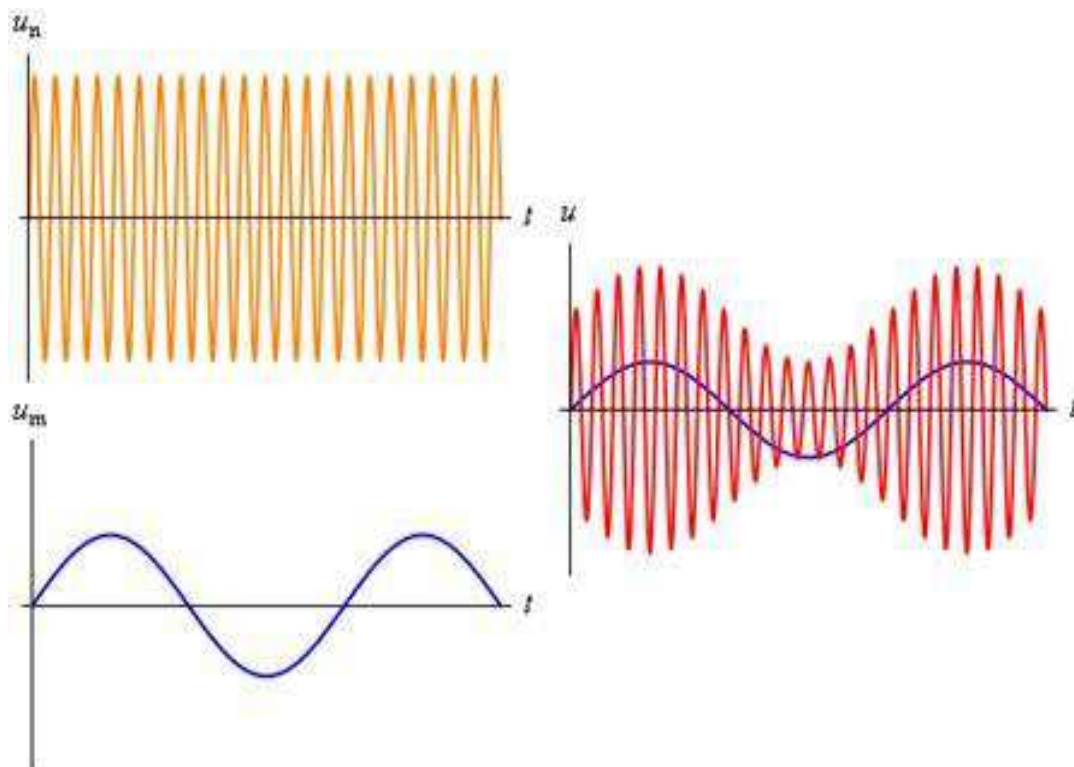
Obrázek 2 - Vyzařovací charakteristika půl-vlnného dipólu

(zdroj: [2])

Amplitudová modulace

Využívá se pro dlouhé, střední a krátké vlny. Amplitudovou modulací se mění rozkmit (amplituda) vysokofrekvenčních kmitů, díky čemuž je informace přenášena i na delší vzdálenosti. Rozsah změn amplitudy nosné vlny je označován jako hloubka modulace. Ta určuje, jak moc je daný signál modulován. Ideální promodulování u přenášených hlasových zvuků je v rozmezí od 80 % do 95 %, avšak u radionavigačních zařízení se optimální hloubka modulace liší v závislosti na typu

zařízení. Pokud by hloubka modulačního signálu byla 100 %, jednalo by se o tzv. libující diagram, kdy by v určitém okamžiku amplituda signálu měla hodnotu nula a přenášená informace by byla nečitelná. Naopak při nízké hloubce modulační není signál dostatečně promodulován a přenášená informace tak není čitelná. Při přenosu informací se na dané frekvenci přenáší nosná vlna a dvě postranní pásma (CSB). Tyto složky se však mohou, z různých důvodů, odstraňovat a používat například pouze s jedním postranním pásmem (SSB) nebo s potlačenou nosnou (SBO). [2]

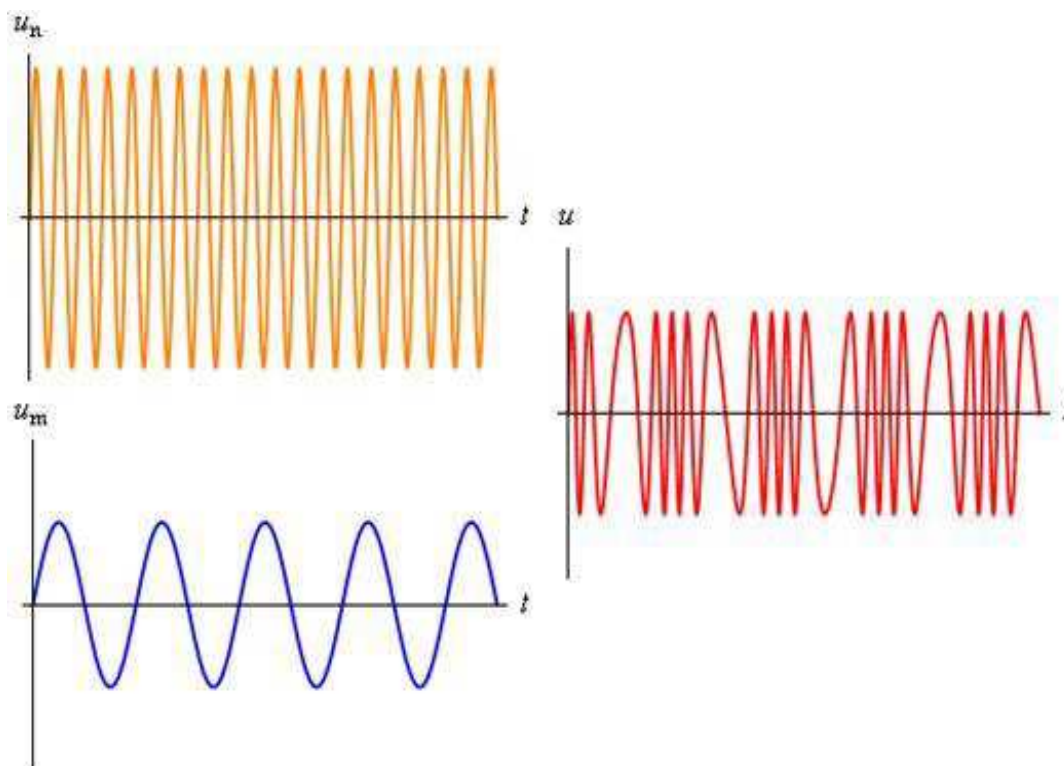


Obrázek 3 - Amplitudová modulace

(zdroj: [8])

Frekvenční modulace

Používá se pro velmi krátké vlny. Touto modulací měníme frekvenci nosné vlny a amplituda přenášeného signálu je konstantní. Tento typ modulační není v letectví tak často využíván jako amplitudová modulační. Frekvenční modulační používá všesměrový radiomaják VOR, díky které je schopný oddělit v rámci kanálu referenční signál. Tak jako u amplitudové modulační se udává hloubka modulační, tak u frekvenční modulační se používá frekvenční zdvih, což je rozdíl mezi maximálním a minimálním kmitočtem nosné vlny. [1, 8]



Obrázek 4 - Frekvenční modulace

(zdroj: [8])

2.2 Radionavigační systémy

Tyto systémy lze rozdělit na dvě části:

- Traťové radionavigační systémy
- Letištní radionavigační systémy

Traťové radionavigační systémy

Tyto systémy nemusejí být umístěny přímo na letišti. Nacházejí se strategicky rozmístěné po celé České republice. Slouží k vedení letadel po trati a v mapách jsou označovány jako traťové body. Fungují jako uzly, do kterých jsou svedeny jiné tratě, které vedou od dalších traťových radionavigačních zařízení. Vyznačují se vyšším výkonem než letištní radionavigační systémy, což znamená, že mají větší dosah.

Mezi tato zařízení patří:

- VOR (VKV všesměrový maják)
- DME (UKV měřič vzdálenosti)
- NDB (Nesměrový maják)

Letištní radionavigační systémy

Slouží k přivedení letadel k letišti a k následnému přistání. Z názvu vyplývá, že bývají umístěny v prostorách letiště. Mezi tyto zařízení patří:

- NDB/DME
- VOR/DME
- ILS

Tyto letištní navigační systémy se dále dělí do kategorie přístrojové přiblížení a přesné přístrojové přiblížení. Navigační systémy z kategorie přístrojové přiblížení poskytují pilotovi informaci o horizontální poloze letadla vůči danému zařízení. Mezi ně patří NDB, VOR/DME, Localizer only. Mezi přesné přístrojové přiblížení patří systémy, které kromě horizontálního vedení poskytují i vertikální vedení. A to je systém ILS a MLS. [1, 9]

3. ILS

ILS (Instrument Landing System) je skupina zařízení, která patří do kategorie přesného přístrojového přiblížení. Poskytuje pilotovi informace o jeho horizontální a vertikální poloze vůči ose dráhy a sestupové rovině. Skládá se z:

- Kursového majáku – LOC
- Sestupového majáku – GP
- Návěstidel – Markery
- Monitorem vzdáleného pole – Far Field Monitor

Dnes se již namísto návěstidel, které informují o vzdálenosti od prahu dráhy, a které pilotovi na palubě letadla indikují přelet daného markeru, využívá zařízení DME. To poskytuje pilotovi kontinuální informaci o vzdálenosti letadla od zařízení. [1]

3.1 Kategorie ILS

Podle výšky rozhodnutí a dohlednosti se dělí kategorie systému ILS na:

1. Kategorie I
 - Minimální výška rozhodnutí 200 ft
 - Dohlednost vyšší jak 800 m nebo dráhová dohlednost vyšší jak 550 m
2. Kategorie II
 - Minimální výška rozhodnutí pod 200 ft, ale ne nižší než 100 ft
 - Dráhová dohlednost vyšší jak 300 m
3. Kategorie III A
 - S výškou rozhodnutí pod 100 ft nebo bez ní
 - Dráhová dohlednost vyšší jak 175 m
4. Kategorie III B
 - S výškou rozhodnutí pod 50 ft nebo bez ní
 - Dráhová dohlednost pod 175 m, ale nad 50 m

5. Kategorie III C

- Bez omezení výšky rozhodnutí
- Bez omezení dráhové dohlednosti

Výška rozhodnutí je taková výška, ve které se nejpozději musí pilot rozhodnout, zda přistane nebo zda zahájí postup nezdařeného přiblížení. Toto vyhodnocuje podle vizuální reference dráhových a přibližovacích světél, podle kterých je schopen vyhodnotit svou polohu. Dráhová dohlednost je vzdálenost, na kterou může pilot nacházející se na ose dráhy zahlédnout dráhové značení a návěstidla. Tato dohlednost je měřena pomocí meteorologických přístrojů umístěných vedle dráhy letiště. [10, 12]

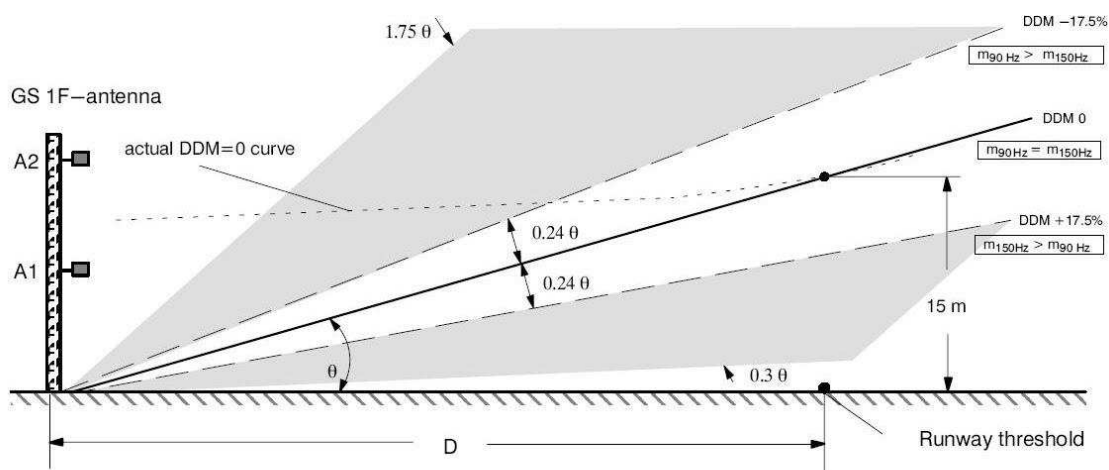
4. Glide Path (GP)

GP neboli sestupový maják slouží k indikaci sestupové roviny, podle které pilot koriguje výšku při přiblížení až do konečné fáze přistání. Naopak LOC pilotovi indikuje horizontální polohu letadla vůči ose dráhy. Zařízení GP bývá umístěno vedle dráhy ve vzdálenosti přibližně 300 m od prahu dráhy používané pro přiblížení podle ILS. [1]

V této práci se však věnuji z celého systému ILS pouze zařízení GP, jehož se týká tento návrh na přemístění.

4.1 Princip zařízení

Vyhodnocení polohy letadla vůči sestupové rovině se provádí měřením rozdílu hloubky modulace (DDM) dvou signálů o frekvenci 90 Hz a 150 Hz, amplitudově modulovaných na nosném kmitočtu GP. Pokud je rozdíl hloubek modulací roven nule ($DDM = 0$), poté se letadlo nachází přímo na sestupové rovině, která je většinou pod úhlem 3° . Ta se nastavuje posouváním antén, umístěných na stožáru, do určitých výšek, čímž se mění vyzařovací laloky, a tudíž i sestupová rovina. Pokud se letadlo nachází pod sestupovou rovinou GP, převládá hloubka modulace 150 Hz nad 90 Hz. Naopak pokud se letadlo nachází nad sestupovou rovinou, poté převládá hloubka modulace 90 Hz nad 150 Hz. Pokud rozdíl hloubek modulace těchto dvou frekvencí nepřesahuje $\pm 17,5 \%$, nachází se letadlo v sestupovém sektoru, který může mít maximální úhlovou deviaci $\pm 0,24 \Theta$. Pokud je rozdíl hloubek větší, než $\pm 17,5 \%$, poté se letadlo nenachází v sestupové sektoru, ale stále je zařízení na palubě schopno přijmout signál vysílaný GP. Pokud se však letadlo nenachází v elevaci mezi $0,3 \Theta$ a $1,75 \Theta$, pak již není zaručeno zachycení signálu vysílaného anténním systémem GP na palubě letadla. Referenční výška sestupového majáku je 15 m nad prahem dráhy. [1, 5]



Obrázek 5 - Poměr DDM

(zdroj: <http://moscom-e-learn.blogspot.cz/2011/04/gilde-path-or-glide-slope-gp-gs-signal.html>)

Nosný kmitočet, na kterém zařízení vysílá dané informace, se používá v rozsahu od 328 MHz až do 336 MHz. Tyto signály jsou generovány v zařízení, které jsou poté vysílacími obvody posílány do anténní soustavy, která tento signál vyzařuje do okolí. Frekvence zařízení GP je podle předpisu L10/I přiřazena k dané frekvenci LOC, takže pilotovi stačí si navolit kmitočet kurzového majáku a palubní přístroj mu bude indikovat jak horizontální polohu vůči ose dráhy, tak i vertikální polohu vůči ideální sestupové rovině. Z důvodu, že sestupový maják jako jediný z radionavigačních zařízení nevysílá žádnou identifikační značku, není možné používat systém ILS bez kurzového majáku (GP only nelze). Naopak při neprovozuschopnosti zařízení GP je možné využít část systému ILS (Localizer only lze). Tyto identifikační značky jsou vysílány v Morseově abecedě a pilot si tak při nastavení frekvence daného radionavigačního zařízení může poslechnout, že má naladěné požadované zařízení.

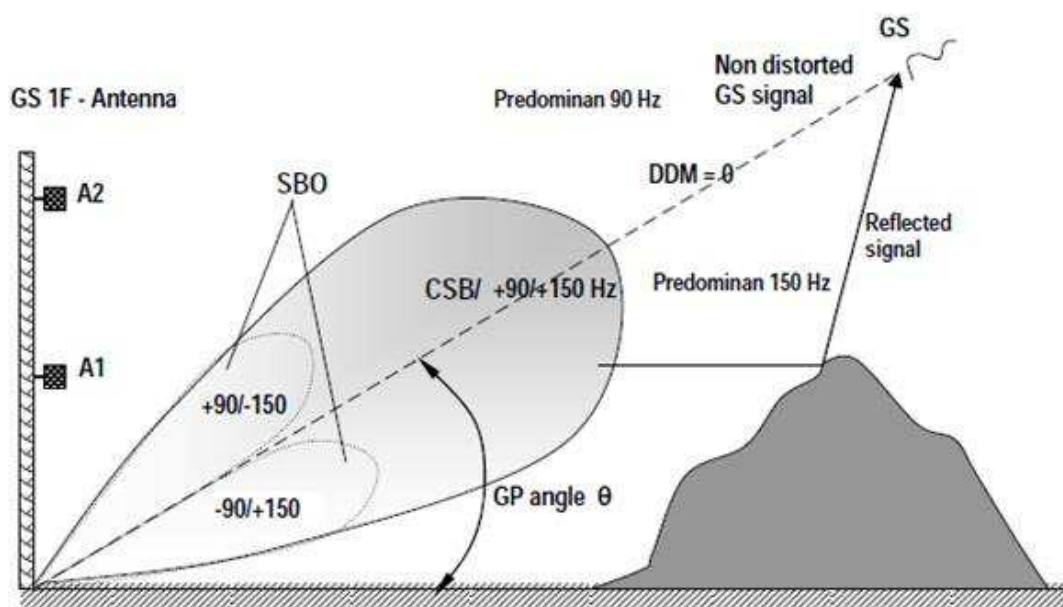
Výkon vysílací soupravy sestupového majáku je 5 W, díky čemuž letadlo zachytí signál zařízení minimálně ve vzdálenosti 10 NM od letiště. K vyslání signálů do požadovaného směru se také využívá odrazná plocha, která je umístěna na zemi pod stožárem ve směru vyzařovaného signálu. Toto železné síto se využívá z důvodu, aby plocha, od které se signály odráží do okolí, byla pořád stejná a vyzařovací charakteristika se neměnila. Pokud by toto síto nebylo použito, vyzařovací

charakteristika by se často měnila vlivem vnějších podmínek (podzemní voda, vlhká tráva, sníh). [1, 5]

4.2 Anténní systém

Zařízení může být používáno jako jednofrekvenční nebo dvoufrekvenční. Způsob použití závisí na okolním terénu a překážkách, které by mohly vysílaný signál znehodnocovat.

Jednofrekvenční systém využívá pouze 2 antény umístěny nad sebou, které vyzařují signál CSB (Carrier signal with SideBand), což je signál, který obsahuje složky 90 Hz a 150 Hz amplitudově modulované na nosném kmitočtu. Dále je těmito anténami vysílán signál SBO (SideBand Only), což je signál, který obsahuje amplitudově modulované složky 90 Hz a 150 Hz, ale již s odstraněnou nosnou vlnou. Spodní anténa je napájena signálem CSB a horní anténa je napájena signálem SBO, kde je modulační signál 90 Hz v proti fázi v porovnání se složkou 90 Hz v signálu CSB. [1, 5]

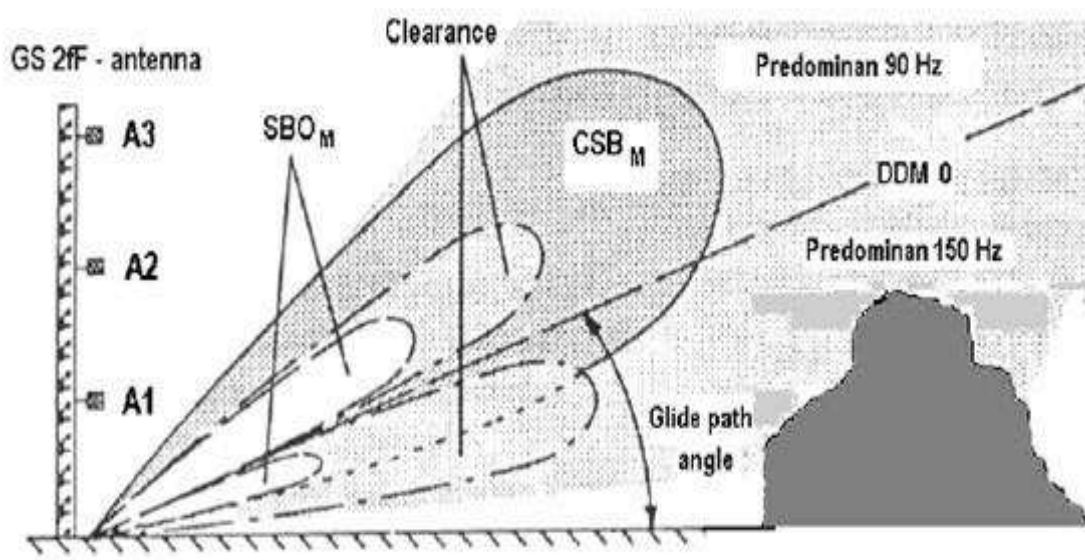


Obrázek 6 - Jednofrekvenční systém

(zdroj: <http://gloopic.net/article/penerbangan/sistem-kontrol-autopilot-pesawat-terbang>)

Dvoufrekvenční systém využívá již 3 antény. Stejně tak, jako u jednofrekvenčního systému, je i zde vysílán signál CSB a SBO. Ovšem je zde navíc použitý i vykrývací paprsek Clearance. Signál Clearance se používá v tzv. offsetu k nosnému kmitočtu, což znamená, že je tento signál posunut většinou o 8 kHz nad nebo pod nosný kmitočet. Tento signál je však letadlo stále schopno zachytit i při nastavení nosné frekvence GP. Má za úkol upozornit pilota v nízkých elevačních úhlech na potřebu zahájit stoupání pro dosažení výšky sestupové roviny. Vyzařovací paprsek signálu CSB u dvoufrekvenčního systému je zvednut do vyšších elevačních úhlů oproti jeho nastavení u jednofrekvenčního systému. Tento signál napájí spodní a prostřední anténu, přičemž signál v prostřední anténě je v obrácené fázi a s útlumem -6 dB oproti signálu ve spodní anténě. Signál SBO je vysílán ve všech třech anténách, načež ve spodní a horní anténě je opačná fáze a poloviční síla signálu oproti signálu v prostřední anténě. Vykrývací signál Clearance se vysílá ve spodní a horní anténě.

Tento dvoufrekvenční systém se dále ještě dělí na Standard a Active. Rozdíl mezi těmito dvěma variantami je ve způsobu distribuce těchto signálů do antén. U varianty Standard se využívá anténního mostu, do kterého se přivedou všechny generované signály a ty se zde rozdělují do jednotlivých antén umístěných na stožáru. U varianty Active se využívá elektronické generování signálů v požadovaných poměrech amplitud a fází již v samotném zařízení. [1, 5]



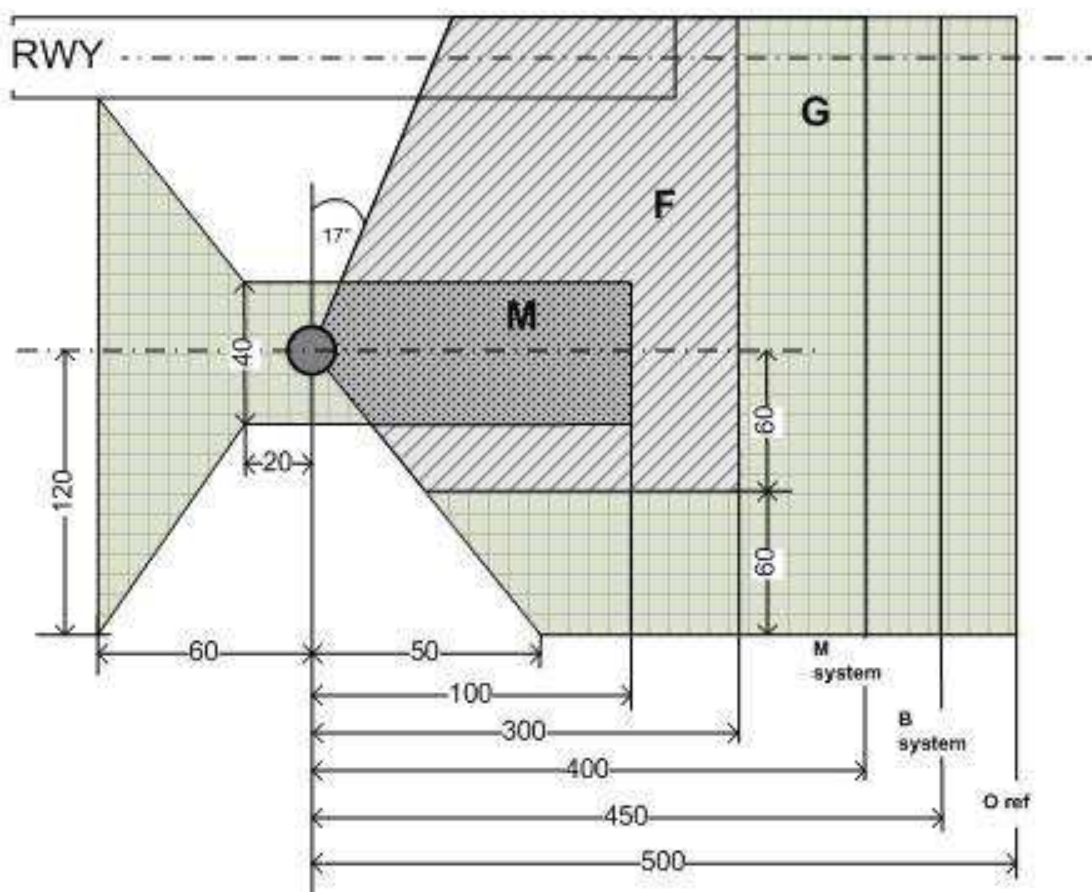
Obrázek 7 - Dvoufrekvenční systém

(zdroj: <http://gloopic.net/article/penerbangan/sistem-kontrol-autopilot-pesawat-terbang>)

4.3 Ochranné pásmo a kritický prostor

Ochranné pásmo

Ochranná pásma pro radionavigační systémy a pro další zařízení, které využívají anténní systém pro vysílání či příjem signálů, jsou popsány v předpise L14, který definuje pravidla a požadavky týkající se provozu letiště. Pro popis ochranných pásem je určena hlava 11 Ochranná pásma leteckých staveb. Anténní systém je na obrázku znázorněn tmavým kruhem. Kolem něj jsou graficky vyšrafovány jednotlivé sektory strukturované podle přísnosti kladených požadavků na tvar terénu, vegetaci či různé překážky. [11]



Obrázek 8 - Ochranné pásmo sestupového majáku systému ILS

(zdroj: [11])

Sektor M se nachází nejbližší k anténnímu systému. V tomto prostoru jsou kladeny nejpřísnější podmínky týkající se výskytu překážek, terénních nerovností a výšky travního porostu. Nároky na terénní nerovnosti jsou stanoveny na ± 5 cm. Travní porost se zde musí udržovat do maximální výšky 20 cm a v prostoru se nesmí

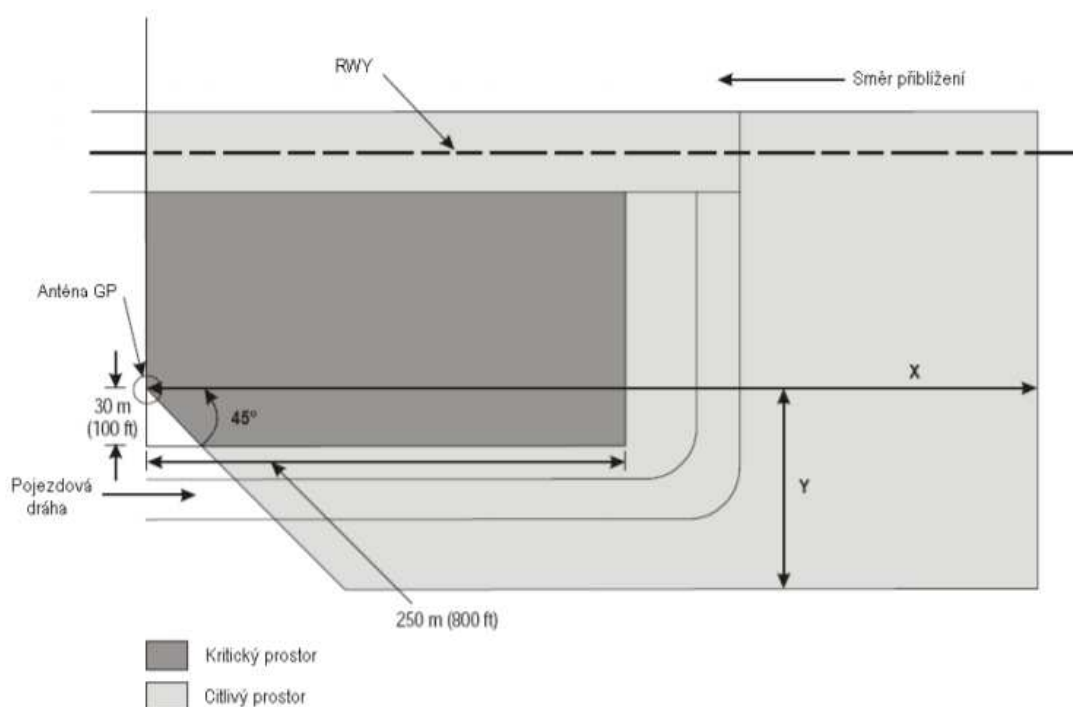
nacházet žádné překážky, kromě odrazné plochy. V tomto sektoru se nachází monitor blízkého pole neboli nearfield monitor, který kontroluje vyzařovaný paprsek.

Sektor F zasahuje do oblasti prahu dráhy a vzdálenějších prostorů oproti sektoru M. Nároky na terénní nerovnosti jsou stanoveny na ± 15 cm a travní porost nesmí přesáhnout 40 cm. V tomto sektoru je již, oproti sektoru M, povolen pohyb vozidel v době, kdy není prováděno přiblížení letadla prostřednictvím ILS. V tomto sektoru nejsou povoleny žádné překážky.

Sektor G zasahuje do předpolí dráhy, a také do prostorů za anténním systémem ve směru opačném, než ve kterém zařízení vyzařuje signály. Terénní nerovnosti zde nesmí přesahovat rozdíl ± 40 cm. Travní porost se musí udržovat do maximální výšky 2 m. Je zde povolen pohyb vozidel v době, kdy neprobíhá přiblížení na dráhu pomocí systému ILS. V tomto prostoru se již můžou nacházet méně rozměrné překážky. [11]

Kritický prostor

Popis tohoto prostoru není součástí předpisu L14, ale je uveden v dodatku C předpisu L10/I. Týká se pouze zařízení LOC a GP. Kritické prostory musí být chráněny, protože výskyt vozidel nebo letadel uvnitř vyvolává nepřipustné zkreslení signálu ILS. Proto musí být tento prostor ohraničený tabulkami. [10]



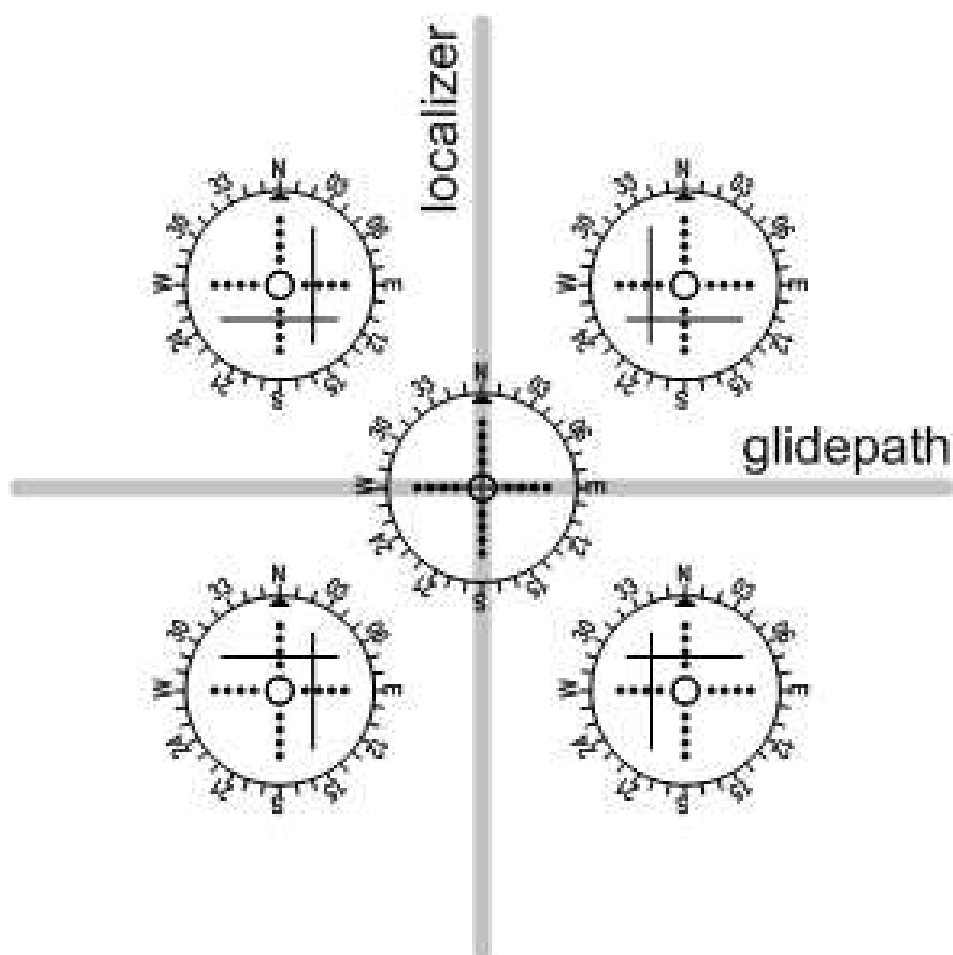
Obrázek 9 - Typické kritické prostory a variace citlivých prostorů pro ILS-GP

(zdroj: [10])

V tomto prostoru se nesmí nacházet vozidla či letadla, pokud zrovna letadlo provádí přiblížení na přistání pomocí systému ILS. Z velké části tento prostor kopíruje sektor M ochranného pásma daného zařízení. [10]

4.4 Indikace na palubě

Letadlo musí být vybaveno přijímací anténou a palubním zařízením, aby mohlo dekódovat signály vysílané systémem ILS. Jakmile nalétne do prostoru krytí systému, indikuje palubní zařízení pilotovi zachycení signálu rozsvícením nápisu ILS. Tyto přijaté signály jsou poté zpracovány. Na základě rozdílu hloubek modulací zařízení vyhodnotí polohu letadla vůči sestupové rovině a ose dráhy. [1]



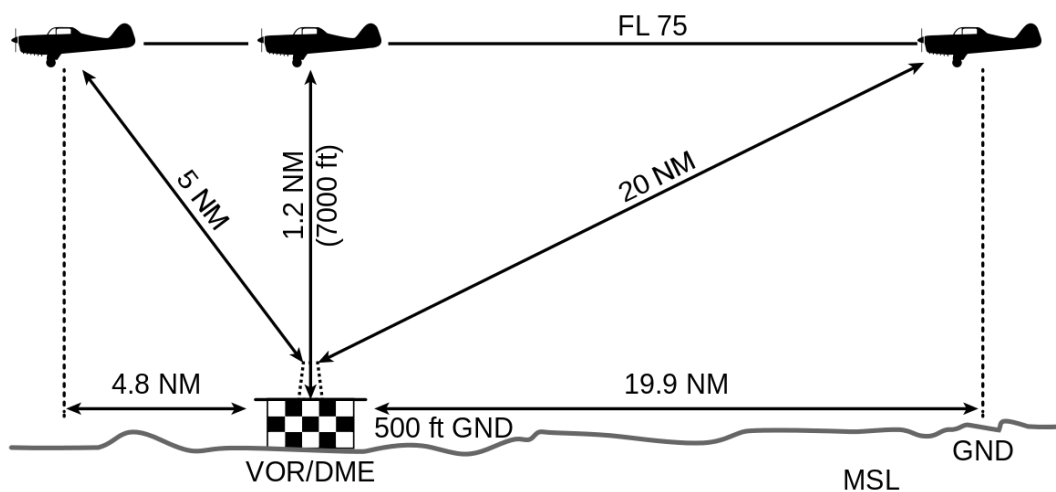
Obrázek 10 - Indikace na palubě

(zdroj: <https://www.quora.com/How-does-the-ILS-Instrument-Landing-System-work>)

Poloha letadla je poté zobrazována na palubním přístroji, podle kterého pilot provádí korekci jeho polohy. Na tomto přístroji se nacházejí dva kříže. Jeden kříž zobrazuje ideální sestupovou rovinu a kursovou čáru. Druhý zobrazuje aktuální polohu letadla. Cílem pilota je, aby se po celou dobu přiblížení až do konečného přistání oba kříže překrývaly. [1]

5. DME

Měřič vzdálenosti DME (Distance Measuring Equipment) slouží k měření šikmé vzdálenosti letadla od radionavigačního zařízení. DME může být používáno jako traťové, či letištní. Traťové bývá většinou kolokováno (sdruženo) se všesměrovým radiomajákem VOR, letištní se využívá při přiblížení pomocí ILS. [1]



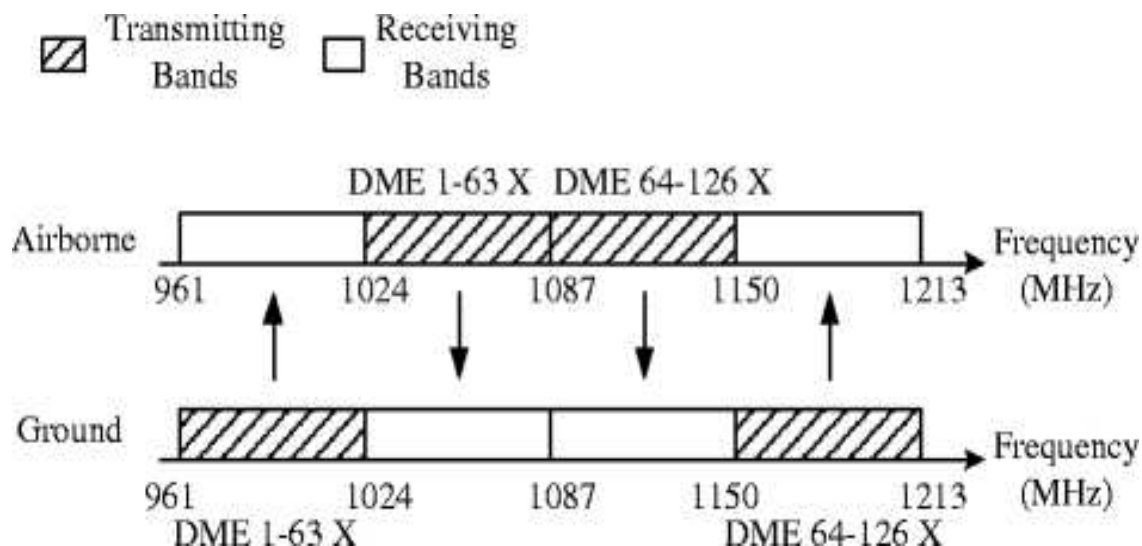
Obrázek 11 - Šikmá vzdálenost letadla

(zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DME_overfly.png)

5.1 Princip zařízení

Princip zjištění vzdálenosti je velmi podobný způsobu zjišťování polohy sekundárním radarem. Funguje na principu měření času mezi vyslaným signálem z paluby letadla (dotaz) a přijatým signálem z pozemního zařízení (odpověď). Díky známe rychlosti šíření elektromagnetických vln, je toto zařízení schopno změřit šikmou vzdálenost cíle od majáku. Signál je přijímán i odesílán všesměrovou dipólovou anténou. Systém pracuje na kmitočtu v rozhraní od 960 MHz až do 1215 MHz. Frekvenční pásmo, ve kterém DME pracuje, již však není dostačující pro využití všech měřičů používaných na světě, aniž by se navzájem narušily. Z toho důvodu jsou zavedeny kanály X a Y vzájemně se frekvenčně překrývající, které mají definované rozdílné zpoždění a rozteče mezi pulzy. Díky tomu je zaručeno, že se jednotlivé pozemní zařízení nebudou navzájem frekvenčně rušit. Aby DME mohlo fungovat, je nezbytné, aby se na palubě letadla nacházel dotazovač, který vysílá kódovou dvojici

pulsů (puls páry) s opakovací frekvencí. Pozemní zařízení přijímá dotazy a odpovídá na ně vysíláním pulsů s definovaným zpožděním. Tyto odpovědi jsou vysílány na novém kmitočtu, který je posunut, oproti původní frekvenci, na které byl vyslán dotaz, o 63 MHz. [1, 6, 7]



Obrázek 12 - Posunutí kmitočtu přijatého signálu od odeslaného signálu

(zdroj: <https://jwcn-eurasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/s13638-016-0736-8>)

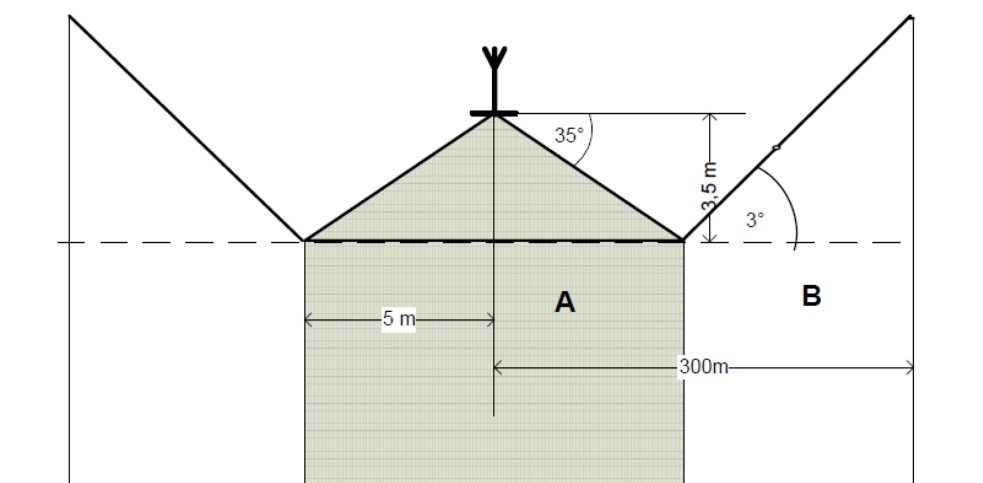
Jelikož přijímač na palubě přijímá všechny signály vyslané daným pozemním zařízením, musí provést selekci těchto odpovědí. První část této selekce se týká vyhledávání. Jakmile pilot naladí na palubě letadla frekvenci daného DME, začne proces vyhledávání, který trvá maximálně 20 s. V prvním cyklu se za odpověď na vlastní dotaz považuje první přijatý puls pár v čase t_1 , který přijde po vyslání dotazu. V dalším cyklu je přijímač uzavřen pro všechny odpovědi, které přišly dříve než v čase t_1 . První odpověď, která přišla v tomto cyklu po čase t_1 , se označuje jako odpověď na daný dotaz. Jakmile přijímač v n -tém cyklu zpracuje odpověď v čase t_n a odpověď v následujícím cyklu bude stejně vzdálená, jako v n -tém cyklu, bude tato informace označena za vlastní. Tímto způsobem zařízení na palubě rozpozná svou odpověď a přejde z procesu vyhledávání do procesu sledování. Zde se již nevysílají dotazy tak často, jako u procesu vyhledávání. Jedno zařízení DME je schopno dávat informaci o šikmé vzdálenosti od majáku až 100 letadlům nacházejícím se v dosahu zařízení. [1]

5.2 Kolokace

DME bývá používáno jako letištní či traťové zařízení. Jako traťové je kolokováno se všesměrovým majákem VOR. Jako letištní se používá v konfiguraci se systémem ILS. To musí být kmitočtově spárováno se zařízením LOC. Vysílací výkon traťového zařízení je 1000 W, letištního 100 W. Aby si mohl pilot jednoznačně ověřit naladění správné frekvence daného DME, je ke každému pozemnímu zařízení přiřazena identifikační značka, která je vysílána v Morseově abecedě. Při kolokaci se zařízením VOR nebo ILS je interval 40 sekund, který je určen pro vysílání identifikační značky, rozdělen na 4 části, kdy v jedné vysílá svou značku DME a ve zbylých třech VOR či ILS. [1, 10]

5.3 Ochranné pásmo

Popis a znázornění ochranného pásma pro DME je popsáno v předpise L14 hlava 11. Pokud je zařízení kolokováno se všesměrovým radiomajákem VOR, spadá ochranné pásmo DME pod ochranné pásmo VORu. Stejně tak, pokud je součástí systému ILS, stanovuje se ochranné pásmo DME podle zařízení GP. [11]



Obrázek 13 - Ochranné pásmo DME

(zdroj: [11])

V případě instalace samotného DME je ochranné pásmo tvořeno dvěma sektory definovanými v předpise L14, hlava 11 (2018, s. 11 - 11) jako: „*Sektor A – má tvar kruhu se středem v ose antény a poloměru 5 m. V sektoru A nesmí překážky převýšit kuželovou plochu s klesáním -35° a vrcholem v přírubě antény. Sektor B – má tvar mezikruží se středem v ose antény a poloměrech 5 a 300 m. V sektoru B nesmí překážky převýšit kuželovou plochu se stoupáním $+3^\circ$ a vrcholem 3,5 m pod přírubou antény.*“

5.4 Indikace na palubě

Po naladění dané frekvence DME se pilotovi na palubním zařízení zobrazí vzdálenost od pozemního majáku v námořních mílích (NM). Informace může být navíc ještě doplněna zobrazením rychlosti letadla a dobou trvání letu k majáku. [1]

6. Přenosová média

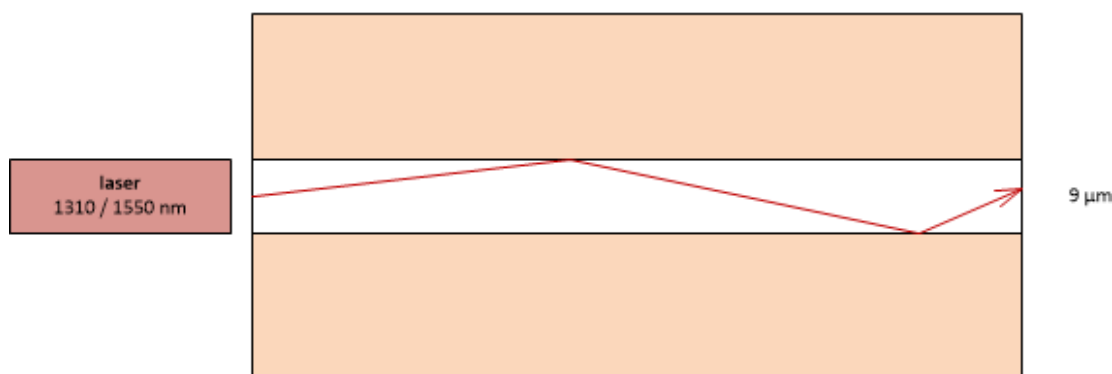
Pro přenos informací a monitorování stavů technických systémů potřebných pro poskytování služeb řízení letového provozu je nezbytné, aby existovalo propojení mezi systémy na technickém sálem a jednotlivými zařízeními na lokalitách. Jako přenosové médium se nejčastěji používá metalické či optické vedení. [10, 2]

6.1 Metalické vedení

Metalické kabely přenášejí elektrické signály, ve kterých je zakódována přenášená informace. Symetrické kabely neboli kroucené dvojlinky, jsou složeny z párů stočených vodičů. Kroucení vodičů se používá za účelem zlepšení elektrických vlastností kabelu. Symetrické kabely dále mohou být stíněné či nestíněné. Stíněný kabel se využívá v prostorech s citlivými měřicími zařízeními, které jsou používány například v nemocnicích. Nestíněný kabel je obecně více využíván a často se používá například v oblasti počítačových sítí. [2, 14]

6.2 Optické vedení

Optické vedení používá k přenosu informací světelné paprsky. Tento typ kabelového vedení je kvalitnější a není náchylný na elektromagnetické rušení. Používá se pro přenos signálů na delší vzdálenosti. Podle typu použitého optického vlákna dělíme toto vedení na jednovidové a vícevidové. [2, 14]



Obrázek 14 - Jednovidové optické vlákno

(zdroj: [14])

Jednovidové optické vlákno používá k přenosu informace pouze jeden paprsek. Jako zdroj světla se zde používá laser. Jelikož při přenosu nedochází ke zkreslení signálů, používá se tento typ optické vedení na větší vzdálenosti (desítky kilometrů).

Mnohavidovým optickým vláknem prochází více paprsků současně a každý v jiném úhlu. To způsobí rozdílné časy příjmu paprsků v koncovém uzlu. Tyto paprsky se poté sečtou, což ale způsobuje určité zkreslení informace. [2, 14]

7. Proces přemístění

Celý proces přemístění se týká nutných příprav, informovanosti dotčených osob a služeb, samotného přemístění zařízení a jeho instalace. Dále je zapotřebí naplánovat letové ověření pro umožnění používání zařízení v provozu bez omezení a připravit podklady pro publikaci změny v AIP a v předpisech.

Celkový přesun je strukturovaný do jednotlivých kroků, vzájemně na sebe navazujících:

- 1.) Bezpečnostní a informační opatření před začátkem provozu
- 2.) Přesun zařízení a jeho instalace
- 3.) Datové propojení lokality s technickým sálem
- 4.) Nastavení zařízení
- 5.) Letové ověření a publikace změny v AIP



Obrázek 15 - Aktuální umístění zařízení GP a DME

(zdroj: vlastní)

Tyto záležitosti zaberou, od samého začátku plánování přemístění až do konečného uvedení zařízení do provozu bez omezení, přibližně 3-4 měsíce. Samotné přemístění zařízení, které má vliv na provoz na letišti Ostrava-Mošnov potrvá přibližně

2 týdny. Do celého procesu již ale nezahrnuji stavební práce, které nemají vliv na poskytování služeb letového provozu a které mohou trvat delší dobu z důvodu usazování anténního sloupu a technologického domku. Do procesu přemístění musí být zapojeni pracovníci z Řízení letového provozu ČR, s. p., kteří jsou zodpovědní za provozuschopnost navigačních systémů. Dále se z ŘLP ČR, s. p., na přesunu podílí pracovníci z technického sálu na letišti Ostrava-Mošnov, kteří zajistí koordinaci s řídicími letového provozu. Další zainteresovanou společností je Letiště Ostrava, a. s., která poskytuje pomoc při zajištění bezpečnosti a plynulosti přemístění těchto zařízení.

8. Bezpečnostní a informační opatření před začátkem přesunu

Před samotným přesunem zařízení je zapotřebí vytvořit studii proveditelnosti, která se týká analýzy celkového procesu přemístění. Tato studie by měla zahrnovat vyměření plochy pro umístění zařízení, a to technologického domu, anténního sloupu, odrazné plochy, umístění monitoru blízkého pole a definování ochranného pásma a kritického prostoru. Studie musí obsahovat časový harmonogram jednotlivých kroků týkajících se přesunu.

Dále je zapotřebí provést hodnocení bezpečnosti, která identifikuje možné nebezpečí a vliv na poskytování služeb při procesu přemístění. Uvádí se zde důvod, kvůli kterému se daný dokument zpracovává. Dále musí obsahovat informace, jak postupovat při přemísťování těchto dvou zařízení, aby byl zajištěn bezpečný provoz letiště. Musí zde být popsána nebezpečí a jejich rizika, která se mohou naskytnout při přesunu zařízení, a jak je řešit.

Před přesunem je také nutné zajistit, ve spolupráci s Letištěm Ostrava a. s., informovanost osob, které budou přímo dotčeny přemístěním zařízení, jako jsou zaměstnanci pohybující se v areálu letiště Ostrava-Mošnov. Dále je důležité informovat piloty na aktuální neprovozuschopnost GP a DME. Z důvodu přemísťování zařízení GP a DME je možné používat pouze konfiguraci Localizer only spolu s DME OTA. Tato informace musí být uvedena v NOTAMu. NOTAM je zpráva pro letce rozesílaná prostřednictvím telekomunikační sítě popisující změny, stavy nebo zřízení LPZ. Dále se může týkat změny postupů a služeb, nebo informace o nebezpečí, které může ovlivnit letový provoz. NOTAM vydává Řízení letového provozu ČR, s. p., sekce Letecká informační služba [13]. Musí obsahovat letiště, kterého se tato zpráva týká, komu má být doručena, čas začátku platnosti a část ukončení platnosti. Jeho hlavní část se týká popsání daného NOTAMu. V tomto případě text obsahuje informaci o neprovozuschopnosti GP, tedy ILS GP RWY 22 AND DME 22 CH 46Y U/S.

9. Přesun zařízení a jeho instalace

Přesun zařízení z původního místa na nové se týká anténního stožáru, na kterém jsou umístěny 3 antény pro zařízení sestupového majáku, jedna anténa pro měřič vzdálenosti DME a výstražné osvětlení. Dále je zapotřebí přemístit odraznou plochu před anténním stožárem, monitor blízkého pole a vytyčení kritického prostoru spolu se značkou upozorňující na ochranné pásmo. Dále se přesun týká skříní s technologií. Ty jsou umístěny uvnitř budovy, která se nachází vedle anténního stožáru.



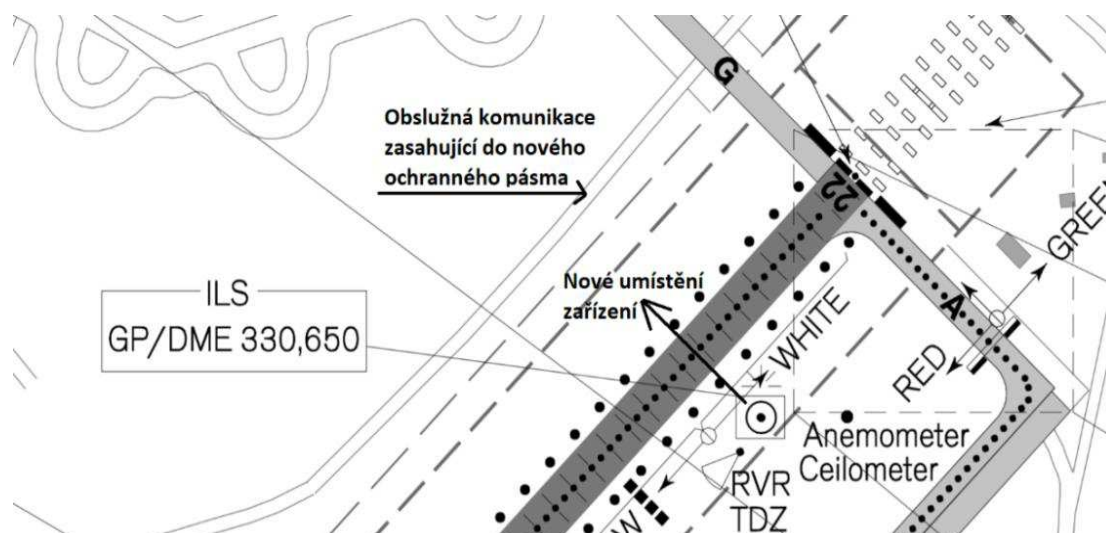
Obrázek 16 - Technologie zařízení GP a DME

(zdroj: vlastní)

9.1 Umístění

Nové místo pro zařízení GP a DME je možné umístit na pravou stranu dráhy 22. Podle předpisu L10/I bývá boční vzdálenost umístění od osy dráhy větší než 80 m. Šířka dráhy na letišti je podle informací v Letecké informační příručce AIP pro LKMT 63 m. Tudíž nejbližší možné umístění nového anténního systému je 48,5 m od okraje dráhy. Podélné umístění systému GP a DME se bude nacházet v místě dotyku (Touchdown zone) tak, jako tomu je doposud.

Jediný problém, který toto nové umístění skýtá, je zasahování obslužné komunikace spolu s oplocením areálu letiště do ochranného pásma sektoru G. V tomto pásmu není po dobu přiblížení přípustné stání ani pohyb vozidel. Jelikož je velmi obtížné a neefektivní zajistit, aby se v době přiblížení nenacházelo v tomto sektoru vozidlo, navrhuji vytvořit novou obslužnou komunikaci a posunout oplocení areálu vzhledem k nové obslužné komunikaci. Podobné úpravy oplocení a vybudování cesty se již na letišti Ostrava-Mošnov uskutečňovaly v době, kdy se instaloval nový primární radar. Nová obslužná komunikace by navazovala na vedoucí cestu od Vysílacího a přijímacího střediska směrem na sever. Ochranné pásmo sestupového majáku by míjela z levé strany. Jakmile končí sektor G, navazovala by cesta spolu s oplocením na již existující obslužnou komunikaci vedoucí směrem na Petřvaldík či Trafostanici 2. Z důvodu vytvoření nové cesty a posunutí plotu jsem si vyhledal vlastníka parcely v katastru nemovitostí, kterým je Moravskoslezský kraj. Ten je také vlastníkem letiště Ostrava-Mošnov, tudíž by rozšíření areálu mělo být proveditelné.



Obrázek 17 - Nové umístění zařízení GP a DME

(zdroj: http://lis.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/a2-mt-adc.pdf)

Tato diplomová práce se však nezabývá stavebními záležitostmi, a tak zde tyto záležitosti nejsou dále řešeny.

Do sektoru G zasahuje také pojížděcí dráha TWY G, která však bývá využívána jen při Dnech NATO za účelem odstavení letadel do ok v severní části letiště. Tudíž na provoz po celý rok by měla vliv pouze jeden týden v roce, a to jen při přejíždění letadel do oblastí ok.

9.2 Instalace

Anténní stožár musí být ukotven a podepřen tak, aby zajistil dostatečnou stabilitu proti účinkům větru za všech klimatických podmínek. Všechny tři antény pro zařízení GP mají mezi sebou určitou vertikální vzdálenost. Posouváním této vzdálenosti je možné měnit požadovaný sestupový úhel, který je ve většině případů 3° .



Obrázek 18 - Předsunutí antén sestupového majáku

(zdroj: vlastní)

Jelikož se sestupový maják nemůže nacházet přímo na dráze v bodě dotyku, ale musí být umístěný vedle dráhy, je zapotřebí provést předsazení jednotlivých antén tak, aby vyzařovací paprsek směřoval na dotykovou zónu dráhy. Tímto předsazením se dosáhne toho, že vzdálenost každé antény od bodu dotyku bude stejná a signál se fázově upraví tak, aby byl směřován do požadované oblasti. Tvar sestupové čáry poté není přímkou, ale hyperbolou. Na vrcholku stožáru je poté umístěna anténa pro DME, spolu s výstražným osvětlením.

Plocha pod odrazným sítem je většinou z betonového podkladu, který z každé strany toto síto přesahuje o 1 m. Za tímto sítem je instalován Nearfield monitor neboli monitor blízkého pole.

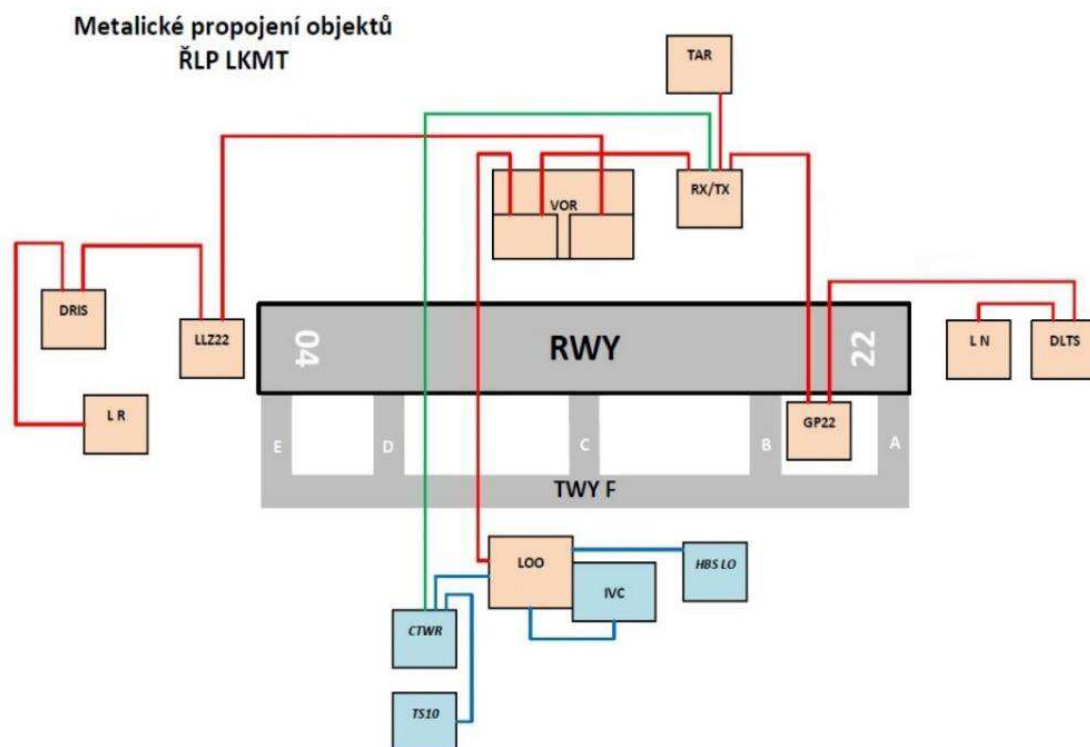
Nový objekt s technologií je zapotřebí napojit na napájecí síť a dále na optické, popřípadě na metalické vedení, které se v této nové oblasti pro umístění zařízení nenachází. Nabízí se přivedení napájecí sítě z Vysílacího a přijímacího střediska. Zde se nachází hlavní rozvaděč zálohované sítě dieselagregátem (s krátkodobým výpadkem) a hlavní rozvaděč zálohované sítě pomocí UPS (bezvýpadková). Dále je zapotřebí k technologiím připojit baterie, které zde slouží jako záloha při výpadku sítě. V objektu se ještě musí nacházet kancelářský nábytek, telefon, směrnice, manuály a deníky k zařízením, klimatizace a poplachový zabezpečovací a tísňový systém (PZTS).

K objektu musí být vybudována příjezdová cesta a v okolí zařízení musí být tabulkami vyznačen kritický prostor.

10. Datové propojení lokality s technickým sálem

Z hlediska požadavků popsanych v předpise L10/I, musí být jednotlivá zařízení monitorována s výnosem o stavu zařízení na dohledové místo. U podniku Řízení letového provozu ČR, s. p. se toto dohledové místo nazývá Technický sál, kde se nacházejí stojany se servery a rovněž zařízení pro vzdálený monitoring jednotlivých systémů – RCMS (nativní zařízení pro monitorování). Informace o stavech zařízení z RCMS jsou pak dále distribuovány na stanoviště technického sálu, kde se nachází 24 hodin denně obsluha technického sálu. Zde je z jednotlivých RCMS zobrazován v centrálním monitorovacím systému kompletní souhrn stavů všech systémů, podílejících se na poskytování letových provozních služeb. Pokud se určitý systém, nebo jeho část, nenachází v požadovaných provozních hodnotách, je tato situace indikována obsluze technického sálu akusticky i vizuálně.

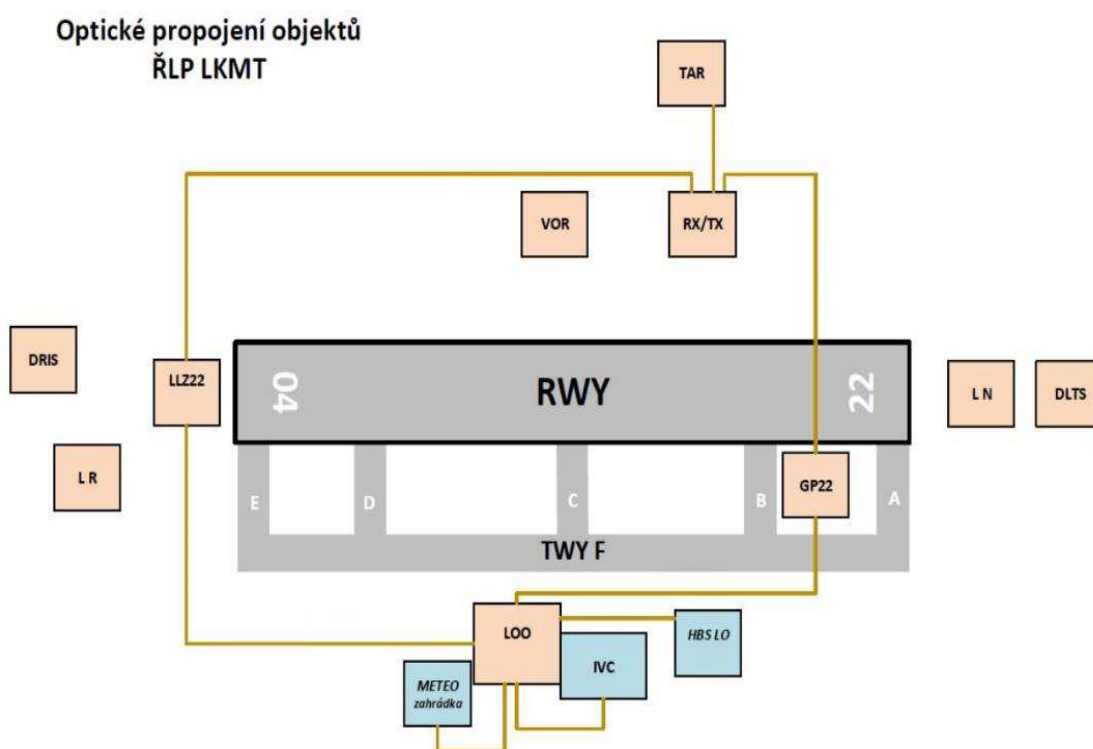
Je zapotřebí zajistit datové propojení mezi novým objektem a budovou řízení letového provozu.



Obrázek 19 - Metalické propojení objektů ŘLP LKMT

(zdroj: Pavel Fišer, Supervizor na TS LKMT I ŘLP ČR, s. p.)

Pro použití přenášení informací je možné využít metalické vedení, které již vede oblastí plánovanou pro nové umístění radionavigačních zařízení, jak je zřejmé na obrázku 19. Další možností je využití optické vedení, které, jak jsem již zmiňoval v teoretické části, je kvalitnější a není náchylné na elektromagnetické rušení. Tento typ vedení se v areálu letiště nachází také v oblasti zamýšleného nového umístění, jak vyplývá z obrázku 20.



Obrázek 20 - Optické propojení objektů ŘLP LKMT

(zdroj: Pavel Fišer, Supervizor na TS LKMT I ŘLP ČR, s. p.)

Z důvodu kvalitnějšího přenosu doporučuji využít optického vedení. Pro zajištění redundance optického propojení je vhodné použít vedení jedné trasy přes severní část letiště (aktuální pozice GP22) a druhé trasy přes jižní část letiště (přes lokalitu LOC22).

11. Nastavení zařízení

Po přesunu a instalaci zařízení je zapotřebí provést jejich konfiguraci a nastavení, které se poté ověřuje leteckým měřením. Nastavení zařízení se týká hlavně vyzařovacích signálů a správné monitorace. Kontrolu těchto parametrů provádí obsluha technického sálu při vykonávání kontroly radionavigačních zařízení. Ta se týká výčtu parametrů s uložením dat o aktuálně naměřených parametrech.

11.1 Glide Path

Aby mohl být sestupový maják využíván pro přiblížení letadel na přistání, je nezbytné, aby splňoval veškeré požadavky uvedené v předpise L10/I. Na obrázku 21 jsou zobrazeny parametry zařízení, které se pravidelně monitorují a vyhodnocují pro ILS kategorie II.

Station (main) – status:

Zobrazuje celkový stav zařízení.

Communication PC <--> Equipment:

Zobrazuje informaci o propojení zařízení s technickým sálem pro dálkovou správu.

Mains:

Zobrazuje informaci o stavu hlavního napájení.

RCSU enable mode:

RCSU (Remote Control Status Unit) je ovládací deska umístěna na předních dveřích zařízení pro dálkové ovládání. Zobrazuje informaci, v jakém módu se nachází ovládání zařízení. Jestli je možné zařízení ovládat pouze místně anebo i dálkově.

Další část se týká stavů monitoru 1 a monitoru 2 a dále stavů vysílače 1 a vysílače 2

Monitor Alarms, Monitor Standby/Field Warnings:

Zobrazují se zde informace o zachycených alarmech monitorem č. 1 nebo monitorem č. 2

Monitor mode:

Zde je zobrazena informace, jestli měřené parametry monitorují oba monitory, jeden z nich nebo ani jeden.

TX Aerial:

Zobrazuje informaci o aktuálním využívání vysílací soupravy, kdy se využívá jedna jako aktivní a její signály jsou posílány do antény (Aerial) a druhá jako záložní, která vysílá do zátěže (Standby).

TX Power:

Aby byla zajištěna možnost automatického okamžitého přepnutí vysílací soupravy, na které se vyskytl problém, vysílají obě soupravy signál. Podle nastavené varianty, v záložce TX Aerial, jedna do antény a druhá do zátěže.

Další část se týká aktuálně měřených parametrů, vysílajících do antény, monitorem č. 1

CRS Pos. RF Level:

Poskytuje informace o úrovni vysokofrekvenčního signálu sestupové roviny (čáry). Požadováno je dosahování hodnoty 100 %, což je ideální úroveň vysokofrekvenčního signálu.

CRS Pos. DDM:

Udává rozdíl hloubek modulací dvou signálů o frekvenci 150 Hz a 90 Hz. Požadována je hodnota 0 %, jelikož to značí vyváženost těchto dvou signálů na sestupové rovině, čehož je cílem dosáhnout.

CRS Pos. SDM:

Udává součet hloubek modulací dvou signálů o frekvenci 150 Hz a 90 Hz. Oba tyto signály jsou amplitudově modulovány na nosnou frekvenci. Hloubka modulace jednoho signálu je 40 %, takže součet hloubek modulací obou signálů musí být roven 80 %.

CRS Width RF level:

Poskytuje informace o úrovni vysokofrekvenčního signálu sestupového sektoru. Požadováno je dosahování hodnoty 100 %, což je ideální úroveň vysokofrekvenčního signálu.

CRS Width DDM:

Tento sektor je ohraničený spojnicemi bodů o DDM = 17,5 %, které leží nejbližší sestupové čáře. V sektoru nad sestupovou rovinou převládá hloubka modulace 90 Hz nad 150 Hz o 17,5 %. V sektoru pod sestupovou rovinou převládá hloubka modulace 150 Hz nad 90 Hz o 17,5 %.

CRS Width SDM:

Stejně jako u měření součtu hloubek modulací v oblasti sestupové roviny, tak i zde v oblasti sestupového sektoru je požadován součet hloubek modulací 80 %, jelikož signál, vysílaný z GPu, je stále stejný, jen se liší poměr hloubek modulací signálu 90 Hz a 150 Hz v oblasti sestupového sektoru.

CLR Width RF level:

Poskytuje informace o úrovni vysokofrekvenčního vykrývacího signálu, který má za úkol vykrýt oblast v nízkých elevačních úhlech. Požadováno je dosahování hodnoty 100 %, což je ideální úroveň vysokofrekvenčního signálu.

CLR Width DDM:

Tento sektor je ohraničený spojnicemi bodů o DDM = 30 %, které leží nejbližší sestupové čáře. V sektoru nad sestupovou rovinou převládá hloubka modulace 90 Hz nad 150 Hz o 30 %. V sektoru pod sestupovou rovinou převládá hloubka modulace 150 Hz nad 90 Hz o 30 %.

CRS Width SDM:

Stejně jako u měření součtu hloubek modulací v oblasti sestupové roviny, tak i zde v oblasti vykrývacího paprsku je požadován součet hloubek modulací 80 %, jelikož signál, vysílaný z GP, je stále stejný, jen se liší poměr hloubek modulací signálu 90 Hz a 150 Hz v oblasti vykrývacího paprsku.

Nearfield Pos. RF level:

Poskytuje informace o úrovni vysokofrekvenčního signálu sestupové roviny (čáry), měřené monitorem blízkého pole, umístěného 64 m od anténního stožáru ve směru vyzařování signálu. Požadováno je dosahování hodnoty 100 %, což je ideální úroveň vysokofrekvenčního signálu.

Nearfield Pos. DDM:

Udává rozdíl hloubek modulací dvou signálů o frekvenci 150 Hz a 90 Hz, měřenou monitorem blízkého pole. Požadována je hodnota 0 %, jelikož to značí vyváženost těchto dvou signálů na sestupové rovině, čehož je cílem dosáhnout.

Nearfield Pos. SDM:

Udává součet hloubek modulací dvou signálů o frekvenci 150 Hz a 90 Hz, měřených monitorem blízkého pole. Oba tyto signály jsou amplitudově modulovány na nosnou frekvenci. Hloubka modulace jednoho signálu je 40 %, takže součet hloubek modulací obou signálů musí být roven 80 %.

CRS/CLR RF Frequency diff:

Vykrývací signál CLEARANCE pracuje v offsetu oproti signálu COURSE. Tato hodnota udává o kolik Hz je signál COURSE od signálů CLEARANCE frekvenčně posunutý. Zde se používá posunutí vykrývacího signálu o 8 000 Hz od nosného kmítočtu.

Monitor auto-calibration:

Z důvodu možnosti postupného, pomalého rozladování monitorů zde probíhá automatická kalibrace pro zachování přesné monitorace měřených parametrů.

Executive Monitor BITE:

BITE (Built-In Test Equipment) je diagnostické zařízení používající automatické testování parametrů daného zařízení pomocí multimetrů, osciloskopů a jiných měřících přístrojů.

ECU Status Poll rate:

ECU (Executive Control Unit) je zodpovědná za provádění všech kontrolních činností zařízení jako je zapínání/vypínání souprav, směřování do antény/zátěže. Tato deska je umístěna na přední straně technologické skříně zařízení.

RF – channel:

Slouží ke kontrole parametrů nosného kmitočtu. Zobrazuje stavy OK a NOT OK.

Frequency Deviation:

Udává informaci o kolik kHz je posunutá nosná frekvence, na které jsou modulovány signály 90 Hz a 150 Hz od nastaveného nosného kmitočtu.

Parametry, které jsou popisovány v předpise L10/I zde neuvádím. Tato část práce se týká přímo naměřených parametrů zařízení GP, které jsou monitorovány a požadovány pro jeho provozuschopnost, a které musejí splňovat požadavky popsané v předpise L10/I.

page 1

```

LKMT1    -> GP  22
Site: LKMT1    , Station: GP  22  ( ILS 420 - GP )  Screen-Data
Node - time      :
Stationtype      :   ILS 420 - GP
Station( Main ) - Status      :   NORMAL
Communication PC <--> Equipment:   OK
Mains            :   ON
RCSU enable mode :   in remote mode
                  MON 1/TX 1      MON 2/TX 2
Monitor Alarms   :   normal        normal
Monitor Standby/Field Warnings :   normal        normal
Monitor Mode     :   MON Executive  MON Executive
TX Aerial        :   Aerial        Standby
TX Power         :   Power ON      Power ON
MON 1 - Current Executive Data
Timestamp
CRS Pos. RF Level          101.8 %      NORM
CRS Pos. DDM                0.0 %      NORM
CRS Pos. SDM                80.0 %      NORM
CRS Width RF Level         101.6 %      NORM
CRS Width DDM               17.4 %      NORM
CRS Width SDM               80.1 %      NORM
CLR Width RF Level         101.4 %      NORM
CLR Width DDM               30.1 %      NORM
CLR Width SDM               80.2 %      NORM
Nearfield Pos. RF level    102.5 %      NORM
Nearfield Pos. DDM         -0.1 %      NORM
Nearfield Pos. SDM         80.0 %      NORM
CRS/CLR RF Frequency diff   8000 Hz      NORM
Monitor auto-calibration    OK          NORM
Executive Monitor BITE      OK          NORM
Forced Alarm                Not set      NORM
ECU Status Poll rate        OK          NORM
RF - channel                OK          NORM
Frequency Deviation         -0.5 kHz     NORM

```

Obrázek 21 - Měřené parametry zařízení GP

(zdroj: SW Adracs Version V 5.0 by Thales Air Systems GmbH)

Monitor 1 dále měří ještě parametry vysílané druhou soupravou do zátěže. Tyto hodnoty zde však nevypisuji, jelikož jsou měřené stejné parametry jako u soupravy vysílané do antény. Stejným způsobem, jako monitor 1, i monitor 2 měří parametry vysílané do antény a parametry vysílané do zátěže.

11.2 DME

Tak, jako u zařízení GP, i zde je zapotřebí dodržovat nastavené parametry definované předpisem L10/I, pro využívání měření šikmé vzdálenosti letadla zařízením DME. Kontrola těchto požadavků se již neprovádí formou vyčítání jednotlivých parametrů, jak je tomu u GP. Kontrola je prováděna formou průběžné monitorace stavu jednotlivých částí DME, podílejících se na správném provozu zařízení. Tato průběžná monitorace zahrnuje níže uvedené parametry, které jsou definovány spolu s maximálními odchylkami od nominálních hodnot v předpise L10/I.

Monitoring:

Pro monitorování parametrů se využívají dva monitory, měřící nezávislé na sobě aktuální hodnoty. Vzniklé alarmy musí být indikovány na pracovišti technického sálu.

Napájení

Zařízení je napájeno ze sítě 230 V. Při výpadku sítě je DME napájeno bateriemi uloženými v budově s technologií. Aktuální stav napájení je monitorován a indikován na dohledové pracoviště.

Vysílací konfigurace:

Zařízení je vybaveno dvěma vysílacími soupravami. Jedna souprava vysílá signál do antény, zatímco druhá je vypnutá. Přesnost měření vzdálenosti musí být lepší než 95 %.

Identifikační značka:

Identifikační značka v Morseově abecedě musí být taková, aby při zakličování celková doba nepřesáhla 5 s. Při sdružené identifikaci se využívá interval 40 s., který je rozdělen na 4 části, kdy v jedné vysílá DME a v ostatních částech VOR, ILS či MLS. Identifikační značka se vysílá v opakovacím kmitočtu 1350 ppps.

Vysílané impulsy:

Náběžná hrana vysílaného impulsu nesmí být větší než 3 μ s a délka impulsu je 3,5 μ s v rozmezí -0,5 μ s až 0,5 μ s. Doba trvání závěrné hrany vysílaného impulsu nesmí překročit 3,5 μ s. Pro kanály X je definována vzdálenost mezi dotazovacími pulsy 12 μ s a vzdálenost mezi odpověďmi také 12 μ s. Pro tento kanál je také definováno

zpoždění mezi příjmem dotazů pulsů a mezi vysílanými odpověďmi, což je 50 μ s. Pro kanál Y je definována vzdálenost mezi dotazovacími pulsy 36 μ s a vzdálenost mezi odpověďmi 30 μ s. Zpoždění mezi příjmem dotazu a vyslanou odpovědí je 56 μ s.

Přesnost:

DME sdružené s přistávacím zařízením ILS nesmí zavádět větší chybu polohy než 250 ft od skutečné polohy letadla.

Kmitočtová stabilita:

Nosný kmitočet se nesmí posunout od nastavené hodnoty o více než 100 kHz.

12. Letové ověření a publikace změny v AIP

Radionavigační zařízení podléhají letovému ověření. Pravidelnost letového ověření nebo za jakých podmínek je nutné mimořádné letové ověření je popsáno v předpise L10/I, dodatek N. Pro systém ILS CAT II musí být pravidelný zálet uskutečněný každých 120 dnů, s tolerancí 30 dnů. Při mimořádném zásahu do zařízení, jako je instalace nového zařízení, opravy s velkým zásahem do zařízení, při narušení ochranného pásma stavebními úpravami v blízkosti zařízení, nebo na vyžádání v odpovídajících důvodech je prováděno mimořádné letové ověření. Pro DME je stanoven pravidelný zálet co jeden rok s tolerancí jeden měsíc. Nutnost mimořádného letového ověření je stanovena stejně, jako v případě ILS CAT II. [9] Zálet zařízení je prováděn Sekcí letového ověření, která patří pod podnik Řízení letového provozu, s. p. Tato sekce má k dispozici letoun, který má na palubě měřicí zařízení. Těmito zařízeními jsou vyhodnocovány jednotlivé parametry, které podléhají letovému ověření. Podnik Řízení letového provozu ČR, s. p. vydává na každý měsíc plán letů týkajících se provádění letového ověření. Na každý zálet je potřeba vydat NOTAM, ve kterém je popisována neprovozuschopnost daného zařízení v době provádění záletu.

V případě problematiky této diplomové práce bude po konečné instalaci a nastavení parametrů u obou zařízení proveden zálet za účelem ověření vysílaných signálů. NOTAM týkající se neprovozuschopnosti zařízení z důvodu provádění letového ověření by již nebyl nutný, jelikož by byl platný NOTAM popisující neprovozuschopnost zařízení GP 22 a DME OSV z důvodu procesu přemístování. Parametry, měřené při záletu sestupového majáku, se týkají měření zvlnění sestupové čáry v určitých úsecích a krytí vyzařovacího paprsku v daných oblastech. Tyto hodnoty jsou kontrolovány u obou souprav. U DME se měří krytí signálu v určitých výškách a vzdálenostech, přesnost měřené šikmé vzdálenosti letadla od pozemního zařízení a kontroluje se vysílaná identifikační značka. Pokud ověřené parametry splňují požadavky stanovené předpisem, je na protokolu o letovém měření napsaný údaj o používání daného zařízení v provozu bez omezení pro CAT II, pro ILS. Pro DME bude protokol obsahovat informaci o možnosti používat zařízení v provozu bez omezení.

Po přesunu zařízení musí být provedeny změny v AIPu. Tyto změny se týkají úprav souřadnic umístění sestupového majáku spolu s měřičem šikmé vzdálenosti publikované ve VFR příručkách, v ENR 4.1 – Radionavigační zařízení – traťová v seznamu radionavigačních zařízení používané pro traťovou navigace. Dále musí být provedeny změny v části AD 2 – LKMT v informacích o radionavigačních zařízeních, v letištní mapě ICAO a v mapách přiblížení.

Úpravou dále musí projít směrnice podniku Řízení letového provozu, s. p. a jiné dokumenty obsahující změny týkající se nového umístění těchto dvou radionavigačních zařízení.

Závěr

Cílem práce bylo navrhnout přemístění zařízení GP/DME 22 s nastavením jednotlivých parametrů a provedení ověření pro řádné uvedení do provozu bez omezení.

Důvodem návrhu tohoto přemístění je aktuální umístění zařízení GP, které není optimální. Kvůli zajištění bezpečnosti letadlům přistávajícím na dráhu 22 za pomoci systému ILS muselo být posunuto vyčkávací místo CAT II/III na pojezdové dráze TWY A dál od vzletové a přistávací dráhy a vyčkávací místo CAT I při činnosti systému ILS nemůže být použito. Přesun zařízení je vítán jak ze strany letiště Ostrava, a. s., tak ze strany Řízení letového provozu ČR, s. p.

Před začátkem přesunu je zapotřebí zajistit bezpečnostní a informační opatření pro dotčené organizace a osoby, což by vyplynulo ze studie proveditelnosti a hodnocení bezpečnosti. Nové umístění zařízení GP a DME jsem stanovil na pravou stranu dráhy 22, kvůli čemuž by mohlo dojít k obnovení standardního umístění a využívání vyčkávacích míst na pojezdové dráze TWY A. Jediný problém, který tímto novým umístěním vznikne, je zasahování obslužné komunikace a oplocení ohraničující areál letiště, do ochranného pásma nově umístěného sestupového majáku. Jelikož je tato cesta v rámci perimetru nutná, bylo by zapotřebí tuto obslužnou komunikaci spolu s oplocením posunout. Vlastníkem pozemků, kam navrhuji posunout cestu i s oplocením je Moravskoslezský kraj, se kterým by toto posunutí bylo projednáno v rámci schvalovacího řízení. V minulosti již tento typ úprav proběhl při výstavbě primárního radaru. Na nové místo určení je potřeba vybudovat technologický objekt, do kterého se umístí zařízení spolu s akumulátory. Dále je zapotřebí usadit anténní sloup, na který se instalují antény pro sestupový maják spolu s anténou pro DME. Dále je nutné vybudovat odraznou plochu a monitor blízkého pole. Obě zařízení musí být také monitorována a schopna být dálkově ovládána. Propojení lokality s technickým sálem je možné metalickým nebo optickým vedením. Obě přenosová média jsou již v zemi instalována v blízkosti nového umístění. Pro větší kvalitu přenosu a také z důvodu nenáchylnosti na rušení doporučuji využít optického vedení. Pro korektní fungování obou zařízení je potřeba provést jejich nastavení, které se týká hlavně vysílacích signálů. Po nastavení zařízení je zapotřebí provést letové ověření, kde se kontroluje hlavně krytí signálem a také správná indikace. Jako poslední krok je

zapotřebí zajistit publikaci změny v AIP a ve směrnících týkajících se zařízení GP a DME.

Tato diplomová práce se týká návrhu přemístění zařízení, nikoli samotného přesunu. Práce může sloužit podniku Řízení letového provozu ČR, s. p. a společnosti Letiště Ostrava, a. s. jako manuál popisující, jak uskutečnit přemístění těchto dvou zařízení. V práci podávám návrhy, kam je možné nově umístit tyto zařízení, co je zapotřebí zajistit před přesunem a co je nutné udělat pro provoz zařízení GP 22 a DME OSV bez omezení.

Použitá literatura

- [1] *Kolektiv autorů: Skripta pro základní výcvik specialistů technických systémů 1. díl*, Výukový text Letecké školy ŘLP ČR, s. p., 2011
- [2] *Kolektiv autorů: Skripta pro základní výcvik specialistů technických systémů 2. díl*, Výukový text Letecké školy ŘLP ČR, s. p., 2011
- [3] *Kolektiv autorů: Skripta pro základní výcvik specialistů technických systémů 3. díl*, Výukový text Letecké školy ŘLP ČR, s. p., 2011
- [4] *Ústní sdělení*, Ing. Pavel Plánička, vedoucí CNS Ostrava ŘLP ČR, s. p., Mošnov, 8. 2. 2018
- [5] *ILS 420: Instrument Landing System Glide Path 422, technical manual*. Version D. Stuttgart: Thales ATM, 2010.
- [6] *GROUND BEACON DME 415/435*. Version D. Italy: THALES Italia S.p.A.- Air Systems Division, 2005.
- [7] PŘIBYL, Karel a Dušan KEVICKÝ. *Letecká navigace*. 1. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1980.
- [8] *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha: Reichl, Všetička, 2018 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/>
- [9] *Řízení letového provozu České republiky, s. p.* [online]. Jeneč: ŘLP ČR, s. p., 2018 [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <http://www.rlp.cz/Stranky/default.aspx>
- [10] *LETECKÝ PŘEDPIS: O CIVILNÍ LETECKÉ TELEKOMUNIKAČNÍ SLUŽBĚ SVAZEK I – RADIONAVIGAČNÍ PROSTŘEDKY L 10/I* [online]. Jeneč: Letecká informační služba, Řízení letového provozu ČR, s.p., 2016 [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>

- [11] *LETECKÝ PŘEDPIS: LETIŠTĚ L14* [online]. Jeneč: Letecká informační služba, Řízení letového provozu ČR, s.p., 2018 [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [12] *LETECKÝ PŘEDPIS: PROVOZ LETADEL L6 ČÁST II* [online]. Jeneč: Letecká informační služba, Řízení letového provozu ČR, s.p., 2017 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [13] *Letecká informační služba* [online]. Jeneč: Letecká informační služba, Řízení letového provozu ČR, s.p., 2018 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/?lang=cz>
- [14] *SAMURAJ-cz.com* [online]. Samuraj, 2018 [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://www.samuraj-cz.com/>

Použité obrázky

Obrázek 1 – Vyčkávací místo CAT II/III na pojezdové dráze TWY A	15
Obrázek 2 - Vyzářovací charakteristika půl-vlnného dipólu	17
Obrázek 3 - Amplitudová modulace	18
Obrázek 4 - Frekvenční modulace	19
Obrázek 5 - Poměr DDM	24
Obrázek 6 - Jednofrekvenční systém	25
Obrázek 7 - Dvoufrekvenční systém.....	26
Obrázek 8 - Ochranné pásmo sestupového majáku systému ILS	27
Obrázek 9 - Typické kritické prostory a variace citlivých prostorů pro ILS-GP.....	28
Obrázek 10 - Indikace na palubě.....	29
Obrázek 11 - Šikmá vzdálenost letadla.....	31
Obrázek 12 - Posunutí kmitočtu přijatého signálu od odeslaného signálu	32
Obrázek 13 - Ochranné pásmo DME	33
Obrázek 14 - Jednovidové optické vlákno	35
Obrázek 15 - Aktuální umístění zařízení GP a DME.....	37
Obrázek 16 - Technologie zařízení GP a DME	40
Obrázek 17 - Nové umístění zařízení GP a DME	41
Obrázek 18 - Předsunutí antén sestupového majáku	42
Obrázek 19 - Metalické propojení objektů ŘLP LKMT.....	44
Obrázek 20 - Optické propojení objektů ŘLP LKMT	45
Obrázek 21 - Měřené parametry zařízení GP.....	51